

## **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**

G. Beccali<sup>1</sup>, C. Buratti<sup>2</sup>, U. Di Matteo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> DREAM, Università di Palermo, Viale delle Scienze, 90128 Palermo

<sup>2</sup> CIRIAF, Sez. Fisica Tecnica e Inquinamento Ambientale, Università di Perugia, Via Duranti 67, 06125 Perugia

<sup>3</sup> APAT - Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici – Via V. Brancati, 48, 00144 Roma

### **SOMMARIO**

Lo studio del comfort microclimatico in ambienti di lavoro moderati è sintetizzato nelle prescrizioni contenute nelle Norme Internazionali ASHRAE Standard 55/1992 e ISO 7730/1994. Il presente studio si propone di verificare le condizioni di benessere termoisometrico per soggetti operanti nelle agenzie di banca, valutando differenze e singolarità nei dati raccolti durante un intero ciclo di stagioni. Il lavoro ha lo scopo di ricercare una metodologia di misura quanto più possibile standardizzata attraverso casi studio affrontati in diversi Comuni dell'Umbria. Sulla base di ipotesi assunte sulla resistenza termica del vestiario e l'attività metabolica di soggetti tipo, si sono monitorati i parametri termoisometrici in alcune postazioni tipo all'interno delle agenzie, come uffici e posti cassa, durante le ore del mattino e nelle ore pomeridiane. Sono presentate le prime elaborazioni relative alla campagna di rilievi autunnali. Tali risultati sono posti a confronto con i limiti e le indicazioni fornite dalla normativa per le principali grandezze misurate e derivate, che costituiscono il supporto essenziale per verificare la tollerabilità degli occupanti nei confronti dell'ambiente termico con cui interagiscono.

### **INTRODUZIONE**

Il raggiungimento delle condizioni di benessere termoisometrico in ambienti di lavoro ha lo scopo precipuo di tutelare il comfort fisico e mentale dell'uomo, nonché garantire una maggiore efficienza nello svolgimento delle attività richieste. Un'attenta progettazione nell'architettura degli edifici ed il corretto funzionamento degli impianti di climatizzazione sono alla base del raggiungimento di un'adeguata qualità della vita negli spazi quotidianamente occupati dall'uomo e nello svolgimento delle proprie mansioni lavorative.

Le interazioni fra gli occupanti di un ambiente e l'ambiente stesso determinano la sensazione di comfort microclimatico, strettamente connessa alla produzione di calore metabolico, allo scambio di energia con l'ambiente e alle variazioni fisiologiche e di temperatura corporea che ne derivano.

I limiti e le raccomandazioni a cui attenersi affinché si ottengano le condizioni di comfort negli ambienti moderati sono dettate dalle Norme Internazionali ASHRAE Standard 55/1992 [1] e ISO 7730/1994 [2].

Tali norme sono attualmente in fase di revisione e le nuove versioni presentano alcune novità nell'approccio metodologico e concettuale al problema.

Scopo del presente lavoro è la valutazione delle condizioni di benessere termoisometrico in agenzie di banca; viene presentata la fase di messa a punto della metodologia di indagine e una prima elaborazione delle evidenze sperimentali relativa a rilievi effettuati nella stagione autunnale.

La metodologia di misura si basa sul rilievo dei parametri termoisometrici ambientali previsti dalla ISO 7730/1994, utili ai fini di una valutazione del comfort.

Le indagini sono state svolte in sei agenzie di banca situate in diversi Comuni della Regione Umbria.

Il criterio di scelta si è basato sulla conformazione degli edifici, la ripartizione dei volumi architettonici, le tipologie dei materiali costruttivi e degli impianti tecnologici; inoltre la scelta è stata operata sulla base della disponibilità dei diversi Istituti nel permettere lo svolgimento del rilievo in orari di lavoro e di apertura al pubblico.

Per esplicita richiesta degli Istituti che hanno dato la propria adesione allo svolgimento della ricerca, per la riservatezza delle attività lavorative e non ultimo per ovvie ragioni di sicurezza, non saranno divulgati i dati di riferimento delle agenzie studiate. Per le stesse motivazioni non è stato possibile produrre una documentazione fotografica sul posizionamento degli strumenti all'interno dei locali, evidenziando le posizioni di rilievo; le agenzie sono state pertanto indicate semplicemente con un numero progressivo. I rilievi sono stati effettuati tra la fine del mese di novembre e i primi giorni di dicembre 2004; i risultati sono stati correlati alle condizioni climatiche esterne.

### **CAMPAGNA SPERIMENTALE**

#### **Strumentazione**

I rilievi sono stati effettuati mediante una stazione di rilevamento BABUC della LSI. La linea strumentale BABUC si compone di un multiacquisitore a 11 canali, con memoria di 20.000 campioni (capacità massima 64 kb), denominato BABUC A (fig. 1). Il sistema può essere programmato in cicli di misura ed è in grado di riconoscere automaticamente il sensore connesso ad uno qualunque degli ingressi. Segue una breve descrizione delle sonde impiegate durante i rilievi (fig. 2):

- sonda per la misura della temperatura dell'aria (accuratezza  $\pm 0,17$  °C);
- sonda anemometrica a filo caldo, per misure della velocità media dell'aria e di intensità di turbolenza (accuratezza  $\pm 5$  cm per  $v_a$  comprese tra  $0 \div 0,5$  m/s,  $\pm 10$  cm per  $v_a$  comprese tra  $0,5 \div 1,5$  m/s e  $4\%$  per  $v_a > 1,5$  m/s);
- sonda globotermometrica in rame nero opaco (riflessione  $< 2\%$ ), di 15 cm di diametro, per la misura della temperatura media radiante (accuratezza  $\pm 0,17$  °C);
- sonda psicrometrica a ventilazione forzata (accuratezza sulla temperatura  $\pm 0,13$  °C, sull'umidità relativa  $\pm 2\%$ );
- sonda per la misura della radiazione netta (accuratezza  $\pm 3\%$ ); consente di ottenere la temperatura asimmetrica radiante, la percentuale di insoddisfatti da asimmetria radiante, la radiazione netta e la temperatura della termopila (elemento nero sensibile del radiometro);
- sonda doppia di temperatura (temperatura superficiale del pavimento e dell'aria a 10 cm dal suolo, accuratezza  $\pm 0,17$ °C); consente di ottenere la percentuale di insoddisfatti per la temperatura del pavimento e per il gradiente termico verticale (quando è abbinata ad una sonda di temperatura dell'aria a 1,1 m dal suolo);
- sonda barometrica assoluta (accuratezza  $\pm 1$  hPa);
- sonda per la misura della concentrazione di anidride carbonica (accuratezza 1 ppm su un intervallo tra 0 e 3000 ppm);



Figura 1. Centralina microclimatica BABUC A.

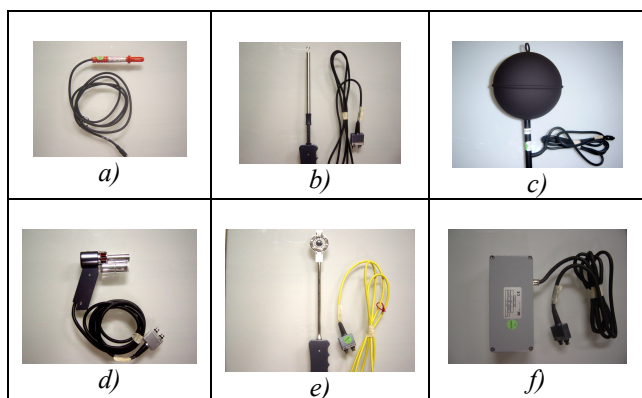


Figura 2. Alcune sonde del BABUC: a) temperatura dell'aria; b) anemometro; c) globotermometro; d) psicrometro; e) radiazione netta; f) concentrazione CO<sub>2</sub>

## Metodologia di misura

La campagna di misure avrà la durata di un anno, in quanto si intendono verificare le condizioni di benessere all'interno delle agenzie durante le quattro stagioni, con i diversi

funzionamenti degli impianti di condizionamento dell'aria e diverse condizioni climatiche esterne. Per ciascuna sessione stagionale di misura si sono pianificate due giornate di rilevazione in ogni agenzia, a distanza di almeno una settimana. In ogni giorno di misura si effettuano due rilievi, uno al mattino e uno nel primo pomeriggio in ciascuno dei punti di misura individuati all'interno dei locali, secondo la metodologia descritta nel seguito.

Cinque delle sei agenzie oggetto di studio si trovano al piano terreno di edifici residenziali, un'agenzia occupa parte di un fabbricato industriale. Tutte le agenzie presentano da due a tre lati perimetrali dotati di ampie superfici vetrate fisse (spesso con dispositivi blindati), che non consentono la ventilazione naturale degli ambienti. La suddivisione interna dei locali è realizzata in alcuni casi con pareti in muratura, di cartongesso o con divisori vetrate. Tutte le agenzie sono dotate di controsoffitto, al di sopra del quale passano i cablaggi elettrici e i canali degli impianti di condizionamento. La climatizzazione degli ambienti in quattro agenzie è realizzata con impianti di condizionamento di tipo misto aria-acqua a ventilconvettori; nelle restanti due agenzie gli impianti sono a tutt'aria.

Si sono acquisite le planimetrie delle agenzie, così da impostare la logistica dei rilievi e si sono individuate alcune postazioni tipiche, caratterizzate da mansioni standard rappresentative delle attività che abitualmente si svolgono nelle agenzie di banca. È stato pertanto selezionato un punto di misura nella zona casse e, a seconda della dimensione dell'agenzia, uno o due punti di misura in uffici differenti per esposizione e tipologia delle pareti divisorie. Un altro punto di misura è stato individuato nella zona di attesa e transito per il pubblico.

La scelta dei punti di misura interni ha tenuto conto dei seguenti fattori:

- creare meno interferenze possibili con lo svolgimento delle normali mansioni lavorative e non interferire con gli utenti durante il normale orario di apertura;
- presenza di superfici verticali fredde o calde quali le aperture verso l'esterno o le pareti vetrate;
- facilità di posizionamento della strumentazione.

Per acquisire dati relativi alle condizioni climatiche esterne sono state individuate idonee postazioni esterne ai locali, schermate dalla radiazione solare diretta, ad almeno un metro di distanza dalle pareti degli edifici, lontane da zone ad intenso traffico veicolare. Sono state rilevate due serie di dati, una per le ore mattutine e l'altra per quelle pomeridiane.

Dopo aver posizionato la strumentazione all'interno degli ambienti oggetto di studio, l'inizio dei rilievi è stato programmato per avviarsi in automatico dopo un intervallo di tempo pari a circa 15 minuti, per consentire alle sonde di portarsi in equilibrio con le condizioni microclimatiche dell'ambiente. Le misure sono state comunque effettuate dopo circa un'ora dall'apertura delle agenzie, così da permettere l'entrata a regime degli impianti di condizionamento dell'aria, che in alcuni casi sono avviati manualmente dal personale.

Dato l'elevato numero di sonde utilizzate nello studio, è stato necessario impiegare due centraline BABUC/A, perfettamente identiche, posizionate contemporaneamente negli stessi punti di misura. Per le centraline BABUC/A sono stati impostati intervalli di acquisizione delle grandezze rilevate pari a 20 secondi.

Ogni misura ha avuto la durata di 15 minuti, ad eccezione delle misure in esterno, della durata di 10 minuti.

Le grandezze misurate sono:

- temperatura di bulbo secco a ventilazione forzata;
- temperatura di bulbo umido a ventilazione forzata;
- temperatura di punto di rugiada;
- temperatura del globotermometro;
- radiazione netta;
- asimmetria della temperatura radiante piana;
- velocità media dell'aria;
- temperatura superficiale del pavimento;
- temperatura dell'aria alle caviglie;
- concentrazione di CO<sub>2</sub>.

Si calcolano inoltre:

- umidità relativa;
- temperatura media radiante;
- temperatura operativa;

si ottengono infine i seguenti indici di discomfort globale e locale:

- intensità di turbolenza dell'aria;
- voto medio previsto (PMV);
- percentuale prevista di insoddisfatti (PPD);
- percentuale di insoddisfatti da corrente d'aria (PD);
- rischio da corrente d'aria (DR);
- percentuale di insoddisfatti da asimmetria della temperatura radiante planare;
- percentuale di insoddisfatti da temperatura del pavimento;
- percentuale di insoddisfatti da gradiente termico verticale.

Nel rilievo esterno sono misurati:

- temperatura dell'aria;
- umidità relativa dell'aria;
- pressione atmosferica;
- concentrazione di anidride carbonica nell'aria.

## RISULTATI

Per il calcolo dei valori degli indici di discomfort sono state fatte due ipotesi; la prima riguarda l'attività del soggetto, la seconda riguarda l'abbigliamento del soggetto, distinto per il caso uomo e donna.

L'attività è stata impostata come sedentaria; ad essa corrisponde una potenza metabolica di 1,33 met (pari a 77,5 W/m<sup>2</sup>) [3]. Per la sessione autunnale, componendo capi tipici di vestiario, la resistenza termica impostata è di 1,03 clo (pari a 0,159 m<sup>2</sup> °C/W) per il soggetto tipo uomo e di 0,92 clo (0,143 m<sup>2</sup> °C/W) per il soggetto tipo donna [4].

Le procedure di elaborazione sono tuttora in corso; si propone di seguito una prima analisi dei risultati, attraverso la metodologia impostata nel caso di tre agenzie.

Relativamente alla sessione autunnale, sono stati calcolati i valori medi delle grandezze misurate e derivate, per confrontarli con i valori raccomandati dalla norma UNI EN ISO 7730: le medie sono ottenute dai valori rilevati in ogni agenzia durante i rilievi mattutini e pomeridiani. Nelle tre agenzie confrontate in questa prima sessione, funzionano impianti di condizionamento diversi:

- agenzia A, impianto a tutt'aria;
- agenzia B, impianto misto aria-acqua con ventilconvettori;
- agenzia C, impianto misto aria-acqua con ventilconvettori a soffitto.

In via del tutto generale, la norma suggerisce che la percentuale prevista di insoddisfatti non superi il 10%, ossia che il voto medio previsto sia compreso tra -0,5 e +0,5. Nel

caso di attività prevalentemente sedentaria, con un abbigliamento di resistenza termica complessiva di circa 1 clo, in periodi di funzionamento dell'impianto di riscaldamento, la norma individua i seguenti intervalli ottimali per le principali grandezze:

- temperatura operativa 20°C ÷ 24°C;
- umidità relativa 30% ÷ 70%;
- differenza verticale di temperatura dell'aria minore di 3°C;
- asimmetria della temperatura radiante dovuta a superfici fredde verticali minore di 10°C;
- temperatura superficiale del pavimento compresa tra 19°C e 26°C;
- velocità media dell'aria minore di 0,25 m/s se l'intensità di turbolenza è 0% con una temperatura dell'aria di 22°C; velocità media dell'aria minore di 0,15 m/s se l'intensità di turbolenza è del 40% con una temperatura dell'aria di 22°C.

Di seguito sono riportati e commentati, a titolo d'esempio, i risultati ottenuti per i casi postazione cassa e ufficio, distinti per le ipotesi uomo e donna.

In figura 3 sono riportati i valori delle grandezze misurate riferite alla postazione cassa; si può osservare che i valori medi di umidità relativa, asimmetria della temperatura radiante, temperatura dell'aria e temperatura operativa ricadono nel range ottimale. I valori medi della velocità dell'aria non hanno mai superato 0,10 m/s (limite suggerito dalla norma), con valori dell'intensità di turbolenza mediamente nulli. Durante i rilievi si sono registrati dei picchi nei valori di tali due parametri, dovuti alla grande sensibilità della sonda anemometrica che, pur posizionata in maniera accorta, registra movimenti dell'aria provocati dallo spostamento delle persone.

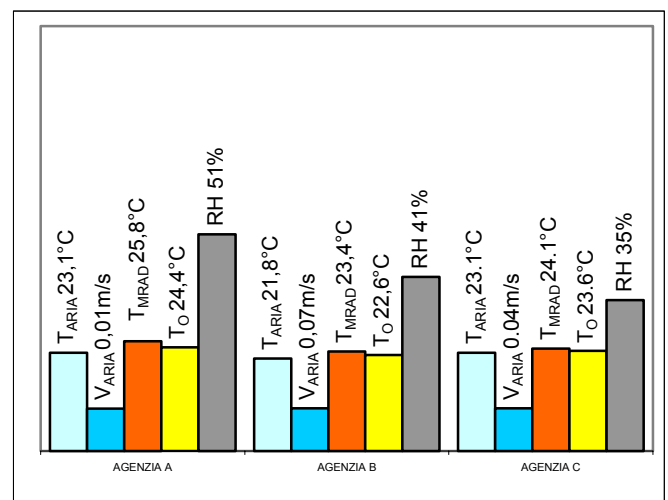


Figura 3. Postazione casse, valori medi delle grandezze misurate.

In figura 4 si riporta la corrispondenza tra i valori del PMV e PPD per la postazione cassa soggetto uomo. Il PMV nell'agenzia A è pari a 0,78, nell'agenzia B è pari a 0,28, nell'agenzia C è di 0,50. Nel caso dell'agenzia A il valore ottenuto non rientra nel limite suggerito, provocando nei soggetti una sensazione di leggero caldo; il risultato dell'agenzia B, con gli occupanti che sono in condizioni di neutralità termica, è in accordo con la norma; analogamente per l'agenzia C, anche se il valore del PMV coincide con il limite superiore. L'agenzia B rientra ampiamente nelle condizioni di accettabilità, con un valore medio di PPD del

6,8%. Nel caso dell'agenzia C si evidenzia che la PPD è superiore al limite del 10% di 0,3 punti percentuali, ma si ha un ottimo riscontro con la teoria di tali indici di benessere, che associa ad un PMV di 0,5 un valore di PPD del 10%.

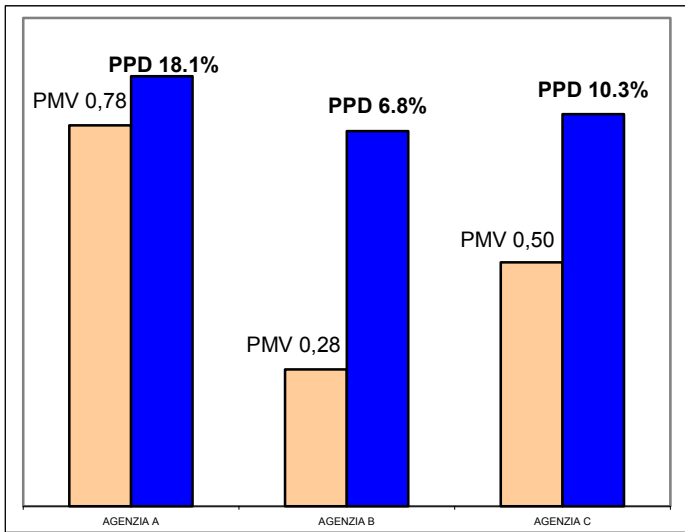


Figura 4. Postazione casse, soggetto tipo Uomo; valori del Voto Medio Previsto e della Percentuale Prevista di Insoddisfatti

Modificando le ipotesi iniziali sulla resistenza termica del vestiario e sull'attività metabolica, sono presentati i risultati per la postazione casa soggetto tipo donna (fig. 5); il PMV per l'agenzia A è pari a 0,68, per l'agenzia B a 0,15, per l'agenzia C a 0,38. Tutti i valori risultano inferiori ai corrispettivi del caso uomo; rimane sempre fuori dai valori ottimali suggeriti dalla norma l'agenzia A, mentre sono accettabili le condizioni termiche nel caso delle agenzie B e C.

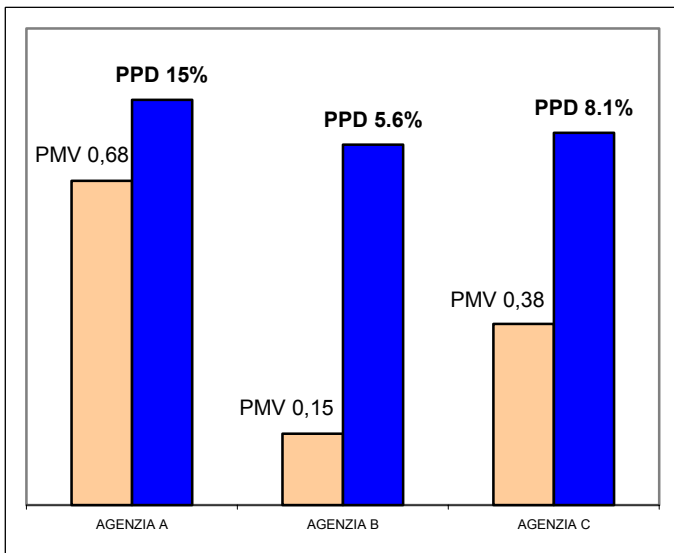


Figura 5. Postazione casse, soggetto tipo Donna, valori del Voto Medio Previsto e della Percentuale Prevista di Insoddisfatti

Il valore di 0,68 per il PMV determina una PPD del 15% nel caso dell'agenzia A, valori più bassi nel caso dell'agenzia B, con una PPD del 5,6% e dell'agenzia C, con una PPD dell'8,1%.

Relativamente alle cause di discomfort locale si è analizzato a titolo di esempio il valore della temperatura del pavimento e la relativa Percentuale di Insoddisfatti per i casi uomo e donna computati insieme; si osservano in media valori compresi nell'intervallo raccomandato, ma spesso vicini al limite

inferiore (fig. 6). Nel caso dell'agenzia A la temperatura del pavimento media è di 20,19°C cui corrisponde una PPD dell'8,2%; nel caso dell'agenzia B il valore ottenuto è di 21,09°C, con una Percentuale di Insoddisfatti del 7,3%; per l'agenzia C si è ottenuta una temperatura media pari a 19,81°C, che comporta una PPD dell' 8,6%.

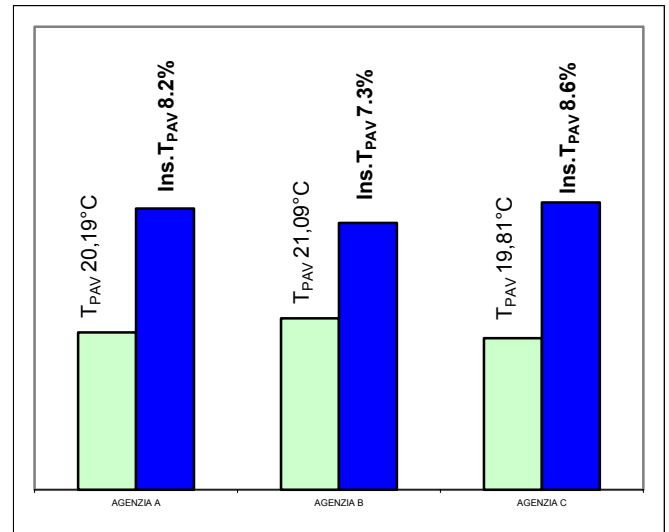


Figura 6. Postazione casse, Percentuale Prevista di Insoddisfatti da Temperatura del pavimento

Questa differenza, comunque contenuta, trova riscontro nel diverso impianto di riscaldamento: i valori più bassi di temperatura e conseguentemente la PPD più alta corrispondono all'agenzia C, i cui locali sono serviti da un impianto misto aria-acqua, con immissione nell'ambiente per mezzo di ventilconvettori a soffitto. Inoltre nell'agenzia B una maggiore temperatura del pavimento, e di conseguenza una minore Percentuale Prevista di Insoddisfatti, è correlata al fatto che le postazioni cassa sono posizionate su una pedana in legno, che isola il soggetto dal pavimento vero e proprio.

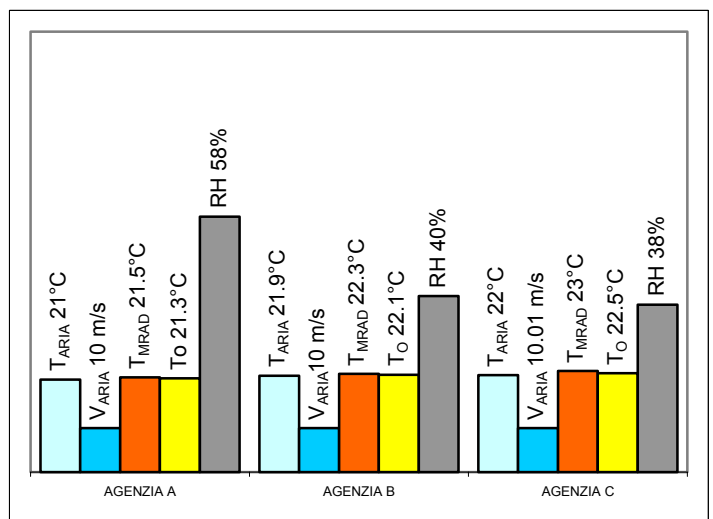


Figura 7. Postazione ufficio, valori medi delle grandezze misurate

Nel caso della postazione ufficio (fig. 7), in tutte e tre le agenzie i valori medi della temperatura dell'aria, della temperatura media radiante e della temperatura operativa sono compresi tra i 21°C e i 23°C, in conformità con la norma.

La velocità dell'aria è nulla nelle agenzie A e B, nell'agenzia C è pari a 0.01 m/s e dunque nei limiti. I valori di umidità relativa risultano compresi negli intervalli ottimali

previsti: si sottolinea che, come rilevato nella postazione casse, i valori maggiori di tale parametro sono stati rilevati nell'agenzia A, dotata di impianto a tutt'aria.

I valori di PMV (fig. 8) per il soggetto tipo Uomo risultano di 0,23 per l'agenzia A, 0,30 per l'agenzia B, 0,35 per l'agenzia C: questo comporta valori della PPD pari rispettivamente al 6,2% per l'agenzia A, 6,9% per l'agenzia B, 7,6% per l'agenzia C. Confrontando tali risultati con i valori elaborati per la postazione casse, si nota una sostanziale coincidenza degli indici PMV e PPD per l'agenzia B, mentre nel caso delle agenzie A e C il voto medio previsto è inferiore nella postazione ufficio e dunque suggerisce una maggiore vicinanza alle condizioni di neutralità termica.

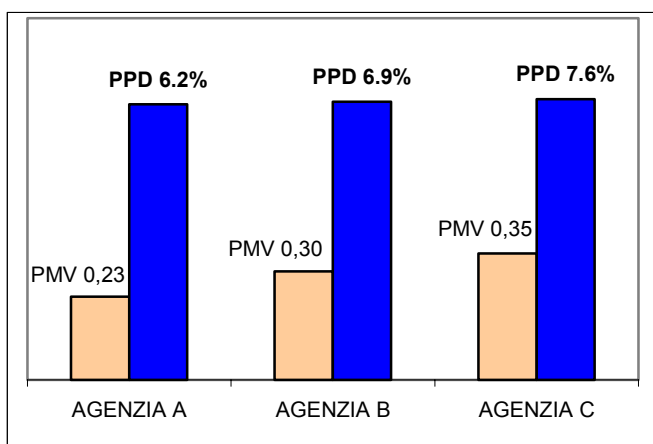


Figura 8. Postazione ufficio, soggetto tipo Uomo: valori del Voto Medio Previsto e della Percentuale Prevista di Insoddisfatti

Conseguentemente anche i valori della Percentuale prevista di Insoddisfatti sono più bassi per i soggetti maschili impegnati in ufficio rispetto ai colleghi che lavorano alle casse.

Nell'ipotesi di soggetto tipo Donna, postazione ufficio (fig. 9), i risultati sono confrontabili in tutte e tre le agenzie, ponendo in evidenza che l'indice PMV, e di conseguenza la PPD, risultano più bassi che nel caso posto cassa, a significare una migliore soddisfazione delle condizioni termoisometriche dell'ambiente.

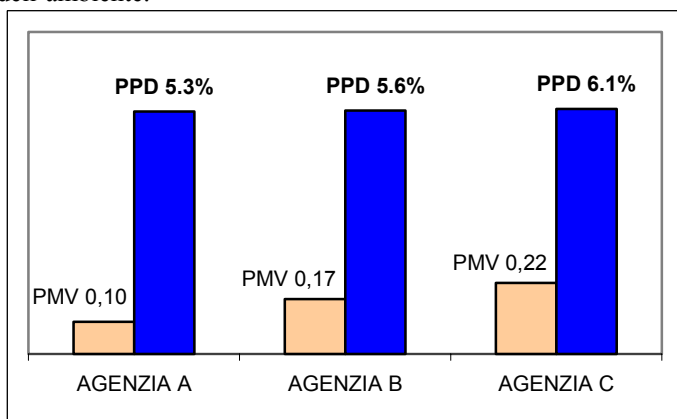


Figura 9. Postazione ufficio, soggetto tipo Donna, valori del Voto Medio Previsto e della Percentuale Prevista di Insoddisfatti

Analizzando il parametro temperatura del pavimento nella postazione ufficio e i valori della PPD che ne derivano, si ottengono come medie globali dei casi uomo e donna i valori riportati in figura 10. Nell'agenzia A, il valore medio della temperatura del pavimento è di 18,5 °C, inferiore, sebbene di soli 0,5 °C, al limite minimo raccomandato: la conseguenza è un valore della PPD superiore dello 0,8% rispetto alla soglia

del 10% prevista.

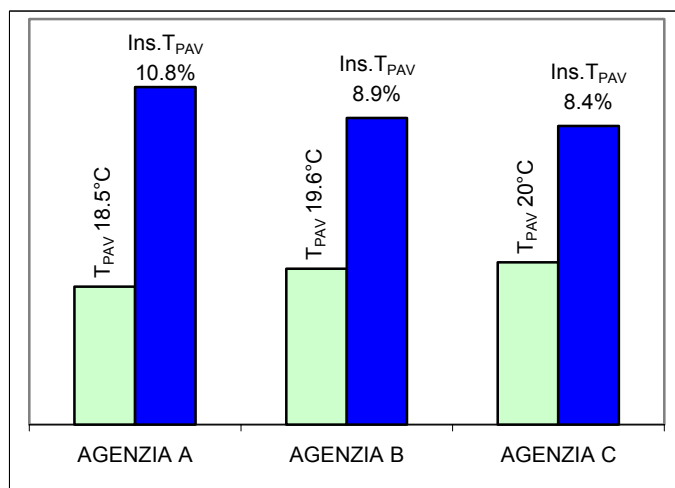


Figura 10. Postazione ufficio, Percentuale Prevista di Insoddisfatti da Temperatura del pavimento

Infine, nelle agenzie B e C la temperatura del pavimento è prossima al limite inferiore, i valori dell'indice PPD sono rispettivamente dell'8,9% e dell'8,4% e dunque compresi nell'intervallo consigliato. Nel caso dell'agenzia C i diversi valori del parametro e le conseguenti diversità nell'indice PPD sono spiegabili con il fatto che gli anemostati nella zona casse servono una superficie maggiore e frequentemente soggetta all'interazione con le condizioni esterne tramite la porta d'ingresso. Diversamente, ciascun ufficio è servito da un anemostato che, unito alla possibilità di chiudere la porta interna, provoca un riscaldamento migliore di tutto il locale e dunque un innalzamento della temperatura del pavimento.

## CONCLUSIONI

L'insoddisfazione delle persone nei riguardi dell'ambiente in cui si trovano a soggiornare o lavorare è spesso causa di disagio. Le reazioni comportamentali dei soggetti e il loro giudizio nei confronti delle condizioni termoisometriche in cui operano possono suggerire soluzioni progettuali per innalzare qualitativamente il benessere degli occupanti

Il presente lavoro si propone di elaborare una metodologia standardizzata ed efficace nello studio delle condizioni di benessere termico in ambienti di lavoro moderati, nel caso particolare le agenzie di banca.

Si sono acquisiti valori delle grandezze necessarie alla determinazione degli indici PMV e PPD, secondo quanto previsto dalla UNI EN 28996 [3] e dalla UNI EN ISO 7730 [2]. La campagna di rilievi ha coinvolto sei agenzie di banca in diversi Comuni dell'Umbria, aventi diverse caratteristiche architettoniche e servite da tipologie differenti di impianti di riscaldamento e condizionamento.

Al fine di ottimizzare la procedura, si intende proseguire con la metodologia di lavoro illustrata nel presente lavoro, così da ottenere risultati comparabili anche con i rilievi invernali già eseguiti e con i dati delle prossime campagne di misura in primavera ed estate.

Nel presente lavoro sono presentati i risultati della campagna autunnale in tre delle sei agenzie selezionate; sono attualmente in fase di elaborazione i dati ottenuti nei rilievi effettuati presso le altre tre agenzie oggetto di studio.

Dal punto di vista metodologico, sono state individuate due postazioni tipo all'interno delle agenzie: la postazione cassa e

la postazione ufficio. Tale ipotesi di lavoro risulta essere un valido compromesso tra il corretto svolgimento delle misure e le mansioni lavorative specifiche riscontrabili in tale contesto. Sono state adottate due ulteriori ipotesi nella scelta dei valori per la resistenza termica del vestiario e dell'attività metabolica per l'occupante tipo distinguendo il caso uomo e donna.

Sono emerse differenze nella risposta al comfort microclimatico fra persone di sesso maschile e femminile. I valori dell'indice PMV e PPD risultano complessivamente più bassi nei soggetti femminili rispetto ai soggetti di sesso maschile, sia nella postazione cassa che in ufficio. Tale differenza è imputabile essenzialmente a due fattori: le donne hanno un metabolismo basale leggermente più basso rispetto all'uomo e inoltre sono stati assunti valori diversi nelle ipotesi iniziali sulla resistenza termica del vestiario, 0,92 clo per le donne rispetto a 1,03 clo per gli uomini.

Il limite del 10% imposto dalla norma sulla Percentuale Prevista di Insoddisfatti viene superato nel caso della postazione cassa per il soggetto tipo uomo in due agenzie su tre: agenzia A con il 18,1% e agenzia C con il 10,3%. Per il soggetto tipo donna la PPD nella postazione cassa è fuori dall'intervallo previsto solo nel caso dell'agenzia C.

Il diverso impianto di riscaldamento ed alcuni accorgimenti nell'arredo dei locali spiegano le differenze riscontrate nella percentuale di insoddisfatti riguardo alla temperatura del pavimento. L'agenzia A è servita da un impianto a tutt'aria mentre le agenzie B e C da impianti del tipo misto aria-acqua, con differenti elementi terminali negli ambienti.

Complessivamente le situazioni di discomfort più marcate si riscontrano nel caso dell'agenzia A postazione casse, sia per il soggetto uomo che per il soggetto donna, con i valori ottenuti che non rientrano nei limiti previsti dalla norma. Nel caso dell'agenzia C, postazione ufficio, l'indice PMV e l'indice PPD risultano i più elevati sia per i soggetti maschili che femminili, ma non si discostano in maniera significativa dalle condizioni di neutralità termica.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [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 28996 – Ergonomia – Determinazione della produzione di energia termica metabolica. Maggio 1996
- [4] UNI-EN-ISO 9920 – Ergonomia degli ambienti termici –Valutazione dell'isolamento termico e della resistenza evaporativi dell'abbigliamento. Marzo 2004.
- [5] ISO, "Ergonomics of the thermal environment – Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble", ISO Standard 9920, International Standardization Organization, Geneva (Svizzera), 1995.
- [6] UNI, "Ambienti termici – Strumenti e metodi per la misura delle grandezze fisiche", Norma UNI-EN 27726, Unificazione Italiana, Milano, 1996.
- [7] NEVINS R.G., DARWISH M.A., "Heat transfer through corporea", in "Trattato di fisiologia medica di Mountcastle, seconda edizione, vol. 2, cap.56, pp. 1527-1570, Piccin, Padova, 1977.

[8] FANGER P.O., *Thermal comfort*, McGraw Hill, New York, 1970.

[9] ASHRAE, "Physiological principles, comfort and health", in ASHRAE *Fundamentals*, cap. 8, American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Ga., USA, 1993.

[11] ALFANO G., D'AMBROSIO F.R., "La misura della resistenza termica conduttiva equivalente dell'abbigliamento", *Condizionamento dell'aria, riscaldamento, refrigerazione*, n. 30, pp. 109-119, 1986.

[12] GAGGE A.P., STOLWIJK J.A.J., Nishi Y., "An effective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response", *ASHRAE Transactions*, 77(1), American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Ga., USA, 1971.

[13] OLESEN B.W., "Local thermal discomfort", *Bruel and Kjaer Technical Review*, n.1, pp. 3-41, 1985.

[14] FANGER O.P., "The PMV index and the international comfort standard, Practical application", Proc. Of AICARR seminar on thermal comfort and the controlled environment, Naples, Marzo, 1986.

[15] OLESEN B.W., "Thermal comfort requirements for floors", Proc. Of Meeting of IIR, Belgrade, 1977.

[16] ASHRAE Handbook, American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Ga., USA, 1993.