

# Comfort lavorativo negli ipermercati: dalla sperimentazione alle buone pratiche

F. MARTELLOTTA, SABRINA DELLA CROCIATA, A. SIMONE, L. CALDERONI, M. D'ALBA, M. CERVELLATI\*, N. PAPAPIETRO\*

Politecnico di Bari, Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile e dell'Architettura, Bari

\* INAIL Puglia - Consulenza Tecnica Regionale Accertamento Rischi e Prevenzione, Bari

## KEY WORDS

Hypermarkets; thermal comfort; acoustic comfort; visual comfort

## PAROLE CHIAVE

Ipermercati; benessere termico; benessere acustico, benessere visivo

## SUMMARY

«*Comfort conditions for hypermarket workers: from experimental data to best practices*». **Background:** Thermal, acoustic and visual comfort conditions for hypermarket workers have never been investigated with scientific methods. **Objectives:** taking advantage of a case study, with characteristics capable of generalizing the results, analytically measure the actual comfort conditions to which workers are exposed and point out possible ameliorative proposals. **Methods:** Carry out a detailed survey based on instrumental measurements combined with subjective questionnaires to assess the indoor environment. **Results:** Even though the analysis pointed out no significant risk conditions, several smaller problems appeared in terms of local discomfort (such as cold limbs, higher sound level exposure, limited glare phenomena) for cashier workers. The origin of these problems appeared to be the pivotal position of the cash registers. **Conclusions:** Taking into account observed phenomena and their causes a list of "best practices" has been defined hoping that their adoption could further limit any impact on workers comfort conditions.

## RIASSUNTO

**Introduzione:** Le condizioni di comfort termico, acustico e visivo per i lavoratori degli ipermercati rappresentano un ambito ancora poco indagato con metodi scientifici. **Obiettivi:** tramite l'analisi di un caso di studio, con caratteristiche tali da rendere generalizzabili i risultati, misurare analiticamente le condizioni dell'ambiente indoor a cui sono esposti i lavoratori, evidenziando possibili proposte migliorative. **Metodi:** Svolgimento di misure strumentali con contestuale somministrazione di questionari di valutazione soggettiva dell'ambiente indoor. **Risultati:** Sebbene le dalle condizioni esaminate non siano, in generale, emerse condizioni rilevanti di rischio, si sono ma-

---

Pervenuto il 19.11.2013 - Revisione pervenuta il 20.3.2014 - Accettato il 10.7.2014

Corrispondenza: Francesco Martellotta, Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile e dell'Architettura, Politecnico di Bari, via Orabona 4, 70125 Bari - Tel. 0805963631 - E-mail: francesco.martellotta@poliba.it

Il presente lavoro è stato finanziato dall'INAIL nell'ambito della convenzione fra INAIL e Politecnico di Bari per "Attività di ricerca negli ambienti di lavoro non-industriali (ambienti indoor) ai fini della caratterizzazione della qualità ambientale". Gli autori sono grati alla COOP Estense s.c.r.l. che ha collaborato alla ricerca mettendo a disposizione l'ipermercato e consentendo di coinvolgere il proprio personale.

*nifestate condizioni localizzate di discomfort (sensazione di freddo agli arti inferiori, esposizione a livelli di rumorosità più elevata, limitati fenomeni di abbagliamento) per gli addetti alle casse, essenzialmente causati dalla posizione "a cerniera" di questo spazio. Conclusioni: Tenendo conto dei fenomeni osservati e delle loro cause vengono proposte una serie di buone pratiche la cui adozione può ulteriormente limitare l'impatto sul benessere lavorativo degli operatori.*

## INTRODUZIONE

Il concetto di "salute" secondo l'OMS, non è limitato alla semplice "assenza di malattia", ma è strettamente legato al benessere psico-fisico e al benessere sociale. Questo concetto è stato esteso al comfort globale, che dipende da diversi fattori quali l'ambiente termico, la qualità dell'aria interna, gli aspetti visivi e le condizioni acustiche, non sempre facili da caratterizzare. Dal 1970 sono stati effettuati numerosi studi per analizzare le condizioni di comfort negli ambienti interni. Lo studio del comfort termico negli edifici residenziali e d'ufficio è stato affrontato per la prima volta da Fanger (15), cui hanno fatto seguito numerose altre ricerche che hanno portato a valutare i limiti del modello da lui proposto, estendendolo ad ambienti e climi diversi (3, 6, 10, 16, 32), proponendo correzioni e approcci alternativi (5, 19). La qualità dell'aria indoor (IAQ) è stata analizzata principalmente con riferimento agli edifici per uffici, anche in correlazione con il comfort termico (7, 13, 14). Numerosi studi sono stati svolti sul comfort acustico, in particolare sul disturbo causato dal rumore negli uffici (9, 17, 26) che spesso non induce danni uditivi, ma è causa di stress mentale e perdita di concentrazione che, a loro volta, possono influenzare negativamente le prestazioni lavorative. Un numero più esiguo di studi scientifici affronta il comfort visivo e le sue influenze sulle attività lavorative (28, 29).

La maggior parte della letteratura scientifica è focalizzata per lo più su edifici per uffici, mentre solo una parte minore riguarda gli edifici commerciali (8, 27, 33). In questa categoria sono raggruppati, in ordine di complessità e dimensione crescente, i supermercati, gli ipermercati, i grandi magazzini e i centri commerciali. Essi sono caratterizzati da una vasta gamma di prodotti, dai generi ali-

mentari agli elettrodomestici e ai mobili, da un ambiente non omogeneo, ma composto da diversi spazi con condizioni termiche, acustiche e visive differenti. Negli ultimi anni gli ipermercati si sono diffusi in maniera ancor più capillare, a scapito dei piccoli centri di vendita al dettaglio, con la conseguenza che un numero sempre maggiore di persone trascorre il proprio tempo all'interno di questi ambienti. In particolare, mentre la fruizione da parte della clientela è, di norma, limitata a intervalli di tempo relativamente brevi, risulta invece particolarmente interessante approfondire la conoscenza delle condizioni di comfort globale per i lavoratori che trascorrono all'interno di questi spazi molto più tempo e, solitamente, in posizioni prefissate.

Tra i pochi studi che cominciano a interessarsi delle problematiche dei lavoratori in questo settore si trovano, in particolare, indagini volte alla comprensione dei potenziali rischi da movimenti ripetuti degli arti superiori per gli addetti alle casse (2, 34). Tuttavia le patologie muscolo-scheletriche, collegate anche alla movimentazione dei carichi, sono solo uno degli aspetti da valutare e sono a loro volta collegate a problematiche ergonomiche dell'ambiente di lavoro. Si pensi ad esempio alle condizioni microclimatiche in particolari ambienti quali i banchi frigo, o i disagi dovuti alla collocazione di alcune postazioni di lavoro in spazi di "transizione" tra ambienti termici differenti, come la barriera casse. Analogamente, il comfort visivo è strettamente correlato all'affaticamento degli operatori, ma ha anche rilevanza infortunistica per i lavoratori che operano con le lame nei laboratori di macelleria o gastronomia.

In questo ambito è stata svolta una campagna di indagine fra il 2009 e il 2012 all'interno di un ipermercato ubicato alla periferia di Bari. Lo studio, mirato ad approfondire gli effetti fisici e fisiologici

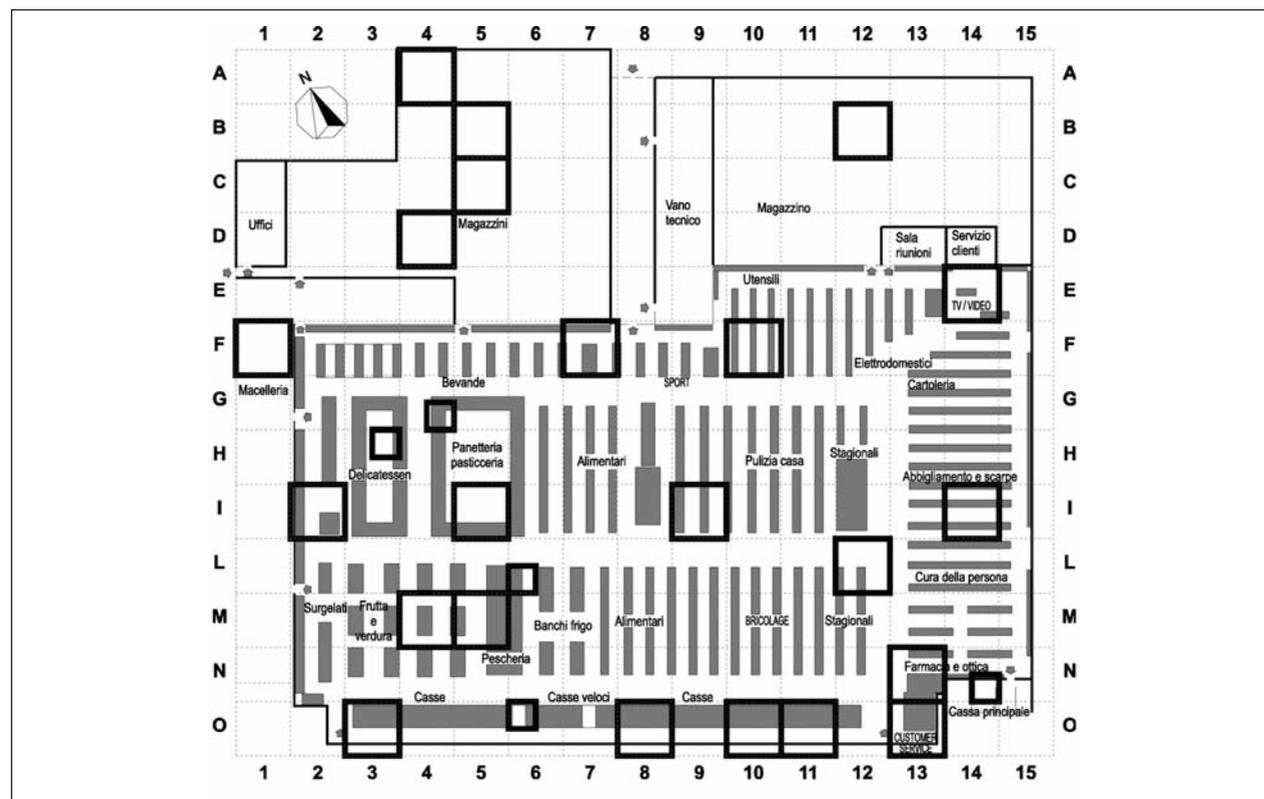
delle condizioni termiche, acustiche e visive sui lavoratori, ha dapprima definito e validato un protocollo di indagine per analizzare le condizioni di comfort per i lavoratori negli ipermercati (11), e successivamente analizzato nel dettaglio le problematiche termiche e acustiche (12, 30). Dall'esame dei risultati integrati con ulteriori osservazioni mirate ad esaminare la problematica nel suo insieme, è stato possibile trarre una serie di "buone pratiche" utili per limitare o eliminare i problemi osservati.

## METODI

### Descrizione dell'edificio

Il centro commerciale esaminato è una struttura di un piano, prefabbricata, costruita tra il 2000 e il

2005. È situato al livello stradale e si compone di una galleria di negozi e un ipermercato. Nella galleria commerciale vi sono bar, ristoranti, negozi non alimentari e servizi. L'ipermercato si estende su una superficie totale di circa 17.000 m<sup>2</sup>, di cui 10.900 m<sup>2</sup> di pertinenza dell'area vendita, 4.200 m<sup>2</sup> dei magazzini e 1.900 m<sup>2</sup> dei laboratori di preparazione e confezionamento dei cibi. L'area vendita è completamente climatizzata, mentre i magazzini sono ventilati naturalmente. La disposizione delle merci all'interno dell'ipermercato è indicata in figura 1. L'ipermercato è illuminato da luce artificiale, con l'eccezione della barriera casse e dei magazzini in cui questa è integrata anche dalla luce naturale. Tale tipo di articolazione risulta essere tipica non solo della maggior parte degli ipermercati appartenenti alla stessa catena di distribuzione ma, con trascurabili differenze, di diversi altri ipermercati.



**Figura 1** - Pianta e sistema di riferimento dell'ipermercato per identificare le postazioni di misura. Le maglie in grassetto indicano le zone esaminate

*Figure 1* - Ground plan of the hypermarket with reference system to identify measurement position. Bold squares represent surveyed points

## Acquisizione dei dati

L'analisi dell'ambiente lavorativo dell'ipermercato è avvenuta principalmente in due fasi: una prima caratterizzazione degli ambienti, durante la quale sono stati somministrati ai lavoratori dei questionari di indagine preliminare e sono state svolte misurazioni oggettive dei principali parametri ambientali nei vari reparti, seguita da una fase operativa di somministrazione dei questionari di autovalutazione del benessere, contestualmente alla rilevazione strumentale dei parametri ambientali nei punti di misura individuati. Lo studio ha analizzato le condizioni di benessere dei lavoratori dell'ipermercato principalmente durante le stagioni invernali ed estive, entrambe caratterizzate da condizioni climatiche più sfavorevoli.

Le misurazioni fisiche continue dei principali parametri ambientali sono state effettuate nei giorni lavorativi feriali, per intervalli di tempo variabili da una a cinque ore per ogni punto di misurazione. Contestualmente, i dipendenti impegnati in attività lavorative la cui ubicazione usuale fosse prossima alla postazione di misura, sono stati invitati a rispondere a un questionario per la valutazione soggettiva delle condizioni di benessere. Il questionario, anonimo, dopo una opportuna illustrazione delle diverse parti, è stato compilato in maniera indipendente per evitare influenze esterne.

Per le misure dell'ambiente termico è stata utilizzata una stazione microclimatica con data-logger, conforme alla norma ISO 7726 (22) e dotata di tutti i sensori necessari a valutare l'ambiente in base alla norma ISO 7730 (24).

Per le misurazioni acustiche è stato utilizzato un fonometro con analizzatore di frequenza in tempo reale e registratore digitale con cui sono stati acquisiti in continuo i principali parametri acustici. Fra questi, con l'ausilio dell'analisi fattoriale (12), sono stati selezionati gli indici che meglio descrivessero le sensazioni soggettive dei lavoratori in relazione ai diversi scenari sonori e alle diverse tipologie di sorgenti: il livello sonoro equivalente ponderato A ( $L_{eqA}$ ), il livello del rumore di fondo ( $L_{A90}$ ), le fluttuazioni ( $L_{A10}-L_{A90}$ ) e l'indice di sbilanciamento spettrale (QAI) (4). In aggiunta, in alcune postazioni si è proceduto alla determinazione dello *Spee-*

*ch Transmission Index* (STI) secondo la norma IEC 60268-16 (21) e impiegando il metodo indiretto, ovvero tramite misura della risposta all'impulso (mediante una sorgente direttiva ubicata nella posizione ipotizzata per il parlatore e orientata verso il microfono, collocato nella posizione usualmente occupata dell'ascoltatore), e correggendo analiticamente il risultato per tenere conto dell'effettivo rumore di fondo presente tipicamente nell'area in cui è stata fatta la misura.

Per poter correlare i parametri oggettivi con le risposte soggettive, le misurazioni acustiche e termiche sono state mediate sull'intervallo di dieci minuti che precede la fine di compilazione di ogni questionario (26).

Per la valutazione del comfort visivo è stato misurato l'illuminamento orizzontale sulla superficie su cui i lavoratori hanno compilato il questionario attraverso un luxmetro portatile. Inoltre, poiché il benessere visivo è influenzato in maniera rilevante dall'equilibrio delle luminanze, da cui dipendono fenomeni disturbanti come l'abbagliamento, è stato messo a punto un metodo che, impiegando una semplice fotocamera digitale, mediante una opportuna procedura di taratura sviluppata in Matlab, permette di stimare i valori di luminanza (31).

## Postazioni di misura

La scelta delle postazioni in cui svolgere le misurazioni ha tenuto in conto diversi fattori, tra cui in primo luogo la natura delle attività lavorative svolte dalla maggior parte dei dipendenti, che risultano essere solitamente dinamiche, richiedendo lo spostamento tra diversi reparti, senza una postazione di lavoro fissa e ben definita. Inoltre, poiché alcuni strumenti di misura, in particolare alcuni sensori termici, hanno lunghi tempi di risposta, si è ritenuto preferibile adottare delle postazioni di rilevazione fissa in aree che fossero, comunque, ben rappresentative delle molteplici condizioni che caratterizzano l'ipermercato. Nella scelta delle diverse postazioni di misura si è tenuto conto della disposizione dei vari reparti (figura 1), cercando di caratterizzare, per quanto possibile, ogni postazione di lavoro, in particolare quelle con condizioni termiche più estreme, anche se meno frequentate dai lavoratori (1).

L'intera superficie dell'ipermercato è stata suddivisa in quattro macro-aree omogenee per condizioni termiche, acustiche e visive, e in cui vengono svolte attività lavorative aventi caratteristiche simili: magazzini, area vendita silenziosa (che raggruppa il reparto multimedia, bibite, casa e arredo, abbigliamento e calzature, farmacia, cassa centrale), area vendita rumorosa (che raggruppa tutti i laboratori, reparto surgelati, reparto detersivi, stagionale, ortofrutta e banchi frigo) e barriera casse.

## Questionari

In letteratura i questionari sono considerati il mezzo più efficace per raccogliere i giudizi soggettivi sul comfort. Come descritto in dettaglio altrove (11), sono stati messi a punto due diversi questionari, uno "preliminare" e uno "operativo", con diversi obiettivi e somministrati in fasi diverse dell'indagine.

Il primo è stato alla base dello studio preliminare dell'ambiente di lavoro, finalizzato alla caratterizzazione di quest'ultimo e alla individuazione delle mansioni e degli spazi che presentano eventuali disagi. Esso è stato articolato in tre sezioni principali (informazioni demografiche, abitudini e modalità di lavoro, valutazione del benessere riferita alla loro esperienza), e, visti i maggiori tempi di compilazione e il generico riferimento a condizioni ambientali non ancora rilevate, è stato consegnato ai lavoratori, i quali hanno potuto rispondere autonomamente anche al di fuori degli spazi e degli orari lavorativi.

La strutturazione delle domande, unitamente alla loro presentazione grafica, ha seguito lo schema proposto nell'ambito del progetto HOPE (18) e nella norma ISO10551:1995 (23). L'analisi delle risposte fornite ha consentito di perfezionare e modificare il questionario da impiegare nella fase operativa, attraverso l'eliminazione, l'accorpamento o la riformulazione di alcune domande risultate poco chiare.

Il questionario operativo ha ricalcato quello preliminare, prevedendo delle parti comuni come quella di rilevazione di dati socio-anagrafici e delle modalità lavorative, ma differenziato nella parte relativa alla rilevazione delle sensazioni soggettive da porre in relazione con le misure oggettive. È stato

perciò chiesto agli intervistati di descrivere gli indumenti indossati al momento della compilazione, scegliendo tra varie combinazioni di indumenti elencati in una tabella e preparati secondo la norma ISO 9920 (25) in modo da ricavare l'isolamento termico risultante ( $I_{cl}$ ) con maggiore precisione rispetto all'utilizzo dei valori relativi a singoli capi. Successivamente sono stati indagati il comfort termico, acustico, visivo e IAQ mediante scale a sette punti analoghe a quelle impiegate durante l'indagine preliminare e domande a risposta multipla finalizzate all'individuazione dei discomfort relativamente ai vari aspetti indagati e dettagliatamente descritte in (11). Fra le scale di maggiore rilevanza è opportuno citare, nella sezione riguardante il comfort termico, la scala ASHRAE a sette punti (da "molto freddo" a "molto caldo") per valutare la sensazione termica attuale (AMV), desiderata (DTS) e attesa (20, 24). Per valutare possibili effetti legati alla transizione tra ambienti termici diversi, è stato chiesto agli intervistati di indicare anche l'area attraversata prima di giungere alla postazione di compilazione del questionario, e la sensazione termica in quel luogo. Nell'ambito acustico è stata indagata l'intensità sonora percepita (API), desiderata (ADI), e una scala di soddisfazione acustica ( $A_{sat}$ ). Inoltre è stata posta una domanda circa l'intelligibilità del parlato. Il comfort visivo è stato analizzato considerando il livello di illuminamento percepito (PI) e la soddisfazione visiva ( $V_{sat}$ ).

Per garantire risposte attendibili, i lavoratori sono stati informati circa le finalità della ricerca e le sue possibili ricadute sulla qualità del lavoro, e in nessun caso sono stati obbligati a partecipare ma semplicemente invitati.

## RISULTATI

### Composizione del campione

Dal mese di febbraio 2010 al mese di luglio 2011 nell'ipermercato sono stati raccolti 610 questionari. Il campione di lavoratori coinvolti nella ricerca, di età compresa tra i 20 e i 55 anni, è composto per il 62,2% da donne e per il 37,8% da uomini, e principalmente (69,3%) da persone che hanno

conseguito il diploma di scuola media superiore. Le mansioni più rappresentate sono gli addetti alla vendita (46,7%), le cassiere (19,2%) e i capisquadra (7,5%). Gli addetti ai vari laboratori sono stati raggruppati insieme (7,2%) e seguono con percentuali minori varie altre mansioni fra cui spiccano *visual merchandiser* (3,4%), impiegato (3,0%) e magazziniere (2,8%).

### Benessere termico

La problematica principale per valutazione del comfort termico ha riguardato la validazione dell'indice *Predicted Mean Vote* (PMV) (15, 24) all'interno degli ipermercati. Sebbene la validità della scala ASHRAE sia stata dimostrata in letteratura e adottata dalle normative vigenti, la metodologia di somministrazione dei questionari, dovendo adattarsi alle dinamiche lavorative, poteva non garantire che i lavoratori fossero in condizioni termiche stazionarie nel momento in cui rispondono (11, 19).

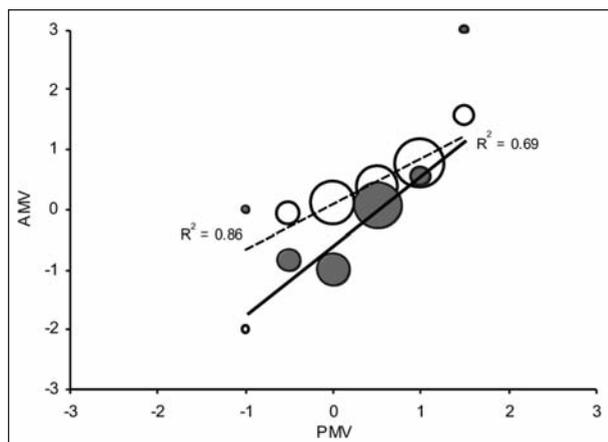
La correlazione tra le sensazioni termiche soggettive (AMV) e l'indice PMV è stata ampiamente indagata da Della Crociata et al. (11), mostrando che suddividendo il campione in base al tempo di permanenza nel punto di somministrazione del questionario, o nelle zone immediatamente vicine con caratteristiche paragonabili, non appaiono differenze significative fra chi si sposta frequentemente e chi permane nello stesso punto per più di 15 minuti, tempo oltre il quale si possono considerare raggiunte le condizioni stazionarie. Questo sta a significare che l'ambiente di lavoro e le condizioni lavorative sono tali da offrire ai dipendenti condizioni termiche uniformi, anche se si spostano all'interno dell'area vendita. La modalità di somministrazione del questionario in punti fissi, dunque, non comporta errori significativi nella valutazione delle sensazioni soggettive. Al contrario, negli ambienti ventilati naturalmente (magazzini), le sensazioni soggettive indicano maggiore caldo rispetto a quanto prevede l'indice PMV. Ciò contraddice quanto normalmente avviene negli ambienti naturalmente ventilati, ma può essere spiegato in conseguenza del fatto che i soggetti non permangono stabilmente in esso ma, provenendo da un ambiente climatizzato, hanno sensazioni termiche che tendono ad essere amplificate.

L'analisi più dettagliata delle condizioni di benessere microclimatico ha poi evidenziato una discrepanza fra i dati oggettivi, sostanzialmente in linea con gli standard, e le sensazioni soggettive che, in particolar modo per gli addetti alle casse, hanno evidenziato condizioni di discomfort (in particolare di freddo). Per approfondire le problematiche connesse con queste evidenze sperimentali si sono analizzati i singoli aspetti che definiscono il comfort termoigrometrico e la loro influenza sulle percezioni soggettive (30). A tal proposito il campione di lavoratori intervistati all'interno dell'ipermercato è stato suddiviso considerando le due mansioni più rappresentative: addetti alle casse e addetti alla vendita. Questi, infatti, hanno caratteristiche diverse tra loro per attività metabolica e abbigliamento (tabella 1), e ciò consente di fare considerazioni sul peso di questi due fattori nella definizione del benessere termico. In termini di isolamento termico le differenze sono sensibili nella stagione estiva, mentre nella stagione invernale i due valori sono identici. Da un'analisi più specifica dell'abbigliamento, però, si evince che l'isolamento delle cassiere è distribuito meno uniformemente rispetto a quello degli addetti vendita. La divisa delle prime, infatti, prevede una camicia e una gonna al ginocchio indossate sia in estate che in inverno, mentre quella degli addetti vendita prevede soltanto un camice da indossare sugli indumenti individuali, scelti dal lavoratore. Questa differenza di codice di abbigliamento implica una differenza nelle possibilità di variare l'abbigliamento per le due mansioni.

Se si confrontano le correlazioni tra AMV e PMV per le due mansioni (figura 2), si può notare come in entrambi i casi si abbia una correlazione statisticamente significativa (probabilità residua  $p < 0,001$ ), più alta per gli addetti vendita che per le

Tabella 1 - Valori medi di isolamento termico dell'abbigliamento e attività metabolica di addetti vendita e cassiere  
*Table 1 - Average values of thermal insulation of clothing and metabolic activity for shop assistants and cashiers*

Mansione	Icl [clo]			M [met]
	Inverno	Estate	Annuale	
Addetto vendita	1,07	0,70	0,87	1,74
Addetto casse	1,07	0,58	0,88	1,61



**Figura 2** - Correlazione tra sensazione termica soggettiva (AMV) e sensazione termica prevista (PMV) per addetti vendita (a) e cassiere (b)

*Figure 2* - Correlation between actual thermal sensation (AMV) and predicted value (PMV) for both shop assistants (a) and cashiers (b)

cassiere ( $R^2$  rispettivamente 0,86 e 0,69). Si nota anche che, per le cassiere, la pendenza della retta di regressione è maggiore rispetto a quella degli addetti vendita e i valori di AMV sono generalmente più bassi di quelli previsti dal PMV. Ciò potrebbe essere interpretato con una maggiore sensibilità delle cassiere alle variabilità delle condizioni termoisometriche. Tuttavia ulteriori indagini basate sull'uso della scala ASHRAE modificata (20) ottenuta dalla differenza tra i voti di sensazione attuale e sensazione desiderata hanno confermato (30) che le cassiere in inverno avvertono una sensazione di freddo nettamente superiore rispetto agli addetti vendita, consentendo di escludere che l'origine del fenomeno possa essere ascritta a differenze interpersonali. L'esame delle temperature di "neutralità", ovvero la temperatura alla quale un determinato descrittore assume valore nullo, evidenzia che le temperature relative all'indice analitico (PMV) sono solitamente inferiori a quelle ricavate da indici soggettivi. Per le cassiere la temperatura di neutralità da AMV è di  $20,3^\circ\text{C}$  oltre due gradi superiore rispetto a quella da PMV ( $17,7^\circ\text{C}$ ). Pertanto, alla barriera casse, sebbene la temperatura media rilevata, pari a  $18,8^\circ\text{C}$ , sia sufficiente a garantire condizioni di neutralità secondo l'indice analitico PMV, le temperature operative ottimali sul piano sogget-

tivo sono difficilmente raggiunte nella stagione invernale. Per gli addetti vendita, invece, la temperatura di neutralità secondo l'indice PMV ( $16,5^\circ\text{C}$ ), è molto simile a quella ricavata dalle scale soggettive ( $16,0^\circ\text{C}$ ) e, soprattutto, è in linea con le temperature presenti all'interno dell'ipermercato. Non è stata considerata la stagione estiva in quanto le modeste variazioni di temperatura all'interno dell'ipermercato non hanno consentito di individuare correlazioni statisticamente significative.

La notevole differenza tra le temperature operative ottimali è stata riesaminata considerando le possibili cause che possono influire sulla percezione soggettiva delle addette alle casse. Come illustrato dettagliatamente in (30), si è notato che il 75% delle cassiere intervistate ha indicato come causa di disturbo il freddo agli arti inferiori, e questo anche nella stagione estiva. L'analisi dei possibili discomfort locali è stata condotta secondo le specifiche della ISO 7730 (24) con particolare riferimento alla stagione invernale. La presenza di correnti d'aria è significativa per le casse poste in prossimità dei banchi frigo, dove la velocità dell'aria è, mediamente, di  $0,11\text{ m/s}$ , con punte di  $0,18\text{ m/s}$ . Gli effetti sono stati indagati tramite il *Draught Rate* (DR) che nella stessa posizione critica si è attestato al 15% in media. Il parametro è risultato ben correlato con la percentuale di soggetti che lamentava la presenza di correnti d'aria, ma complessivamente non è risultato in grado di spiegare adeguatamente le anomalie nella sensazione termica media (30). Al contrario, la temperatura del pavimento ha giocato un ruolo assai significativo. La barriera casse è caratterizzata da una temperatura media del pavimento di  $16,3^\circ\text{C}$ , con valori minimi anche di  $14,5^\circ\text{C}$  in vicinanza dei banchi frigo. La corrispondente percentuale di insoddisfatti ( $PD_{\text{floor}}$ ), oltre ad essere piuttosto alta (maggiore del 15%), è molto ben correlata sia con le percentuali rilevate di soggetti che lamentavano una sensazione di freddo agli arti inferiori e ai piedi, sia con il giudizio termico globale. La differenza fra la temperatura dell'aria fra capo e caviglie è mediamente pari a  $2,5^\circ\text{C}$ , con punte massime di  $3,3^\circ\text{C}$ , corrispondente ad una percentuale di insoddisfatti non superiore al 5%. Infine, fra le asimmetrie termiche, l'unica significativa rilevata nell'area delle casse è quella verticale

per soffitto caldo, conseguenza delle basse temperature del pavimento già osservate, da cui ha origine un  $\Delta T$  mediamente pari a  $3,6^{\circ}\text{C}$ , con picchi di  $4,6^{\circ}\text{C}$ .

Da quanto emerso dall'analisi dei discomfort locali è evidente il ruolo svolto dal pavimento freddo. Alla luce di ciò, considerato che l'isolamento termico offerto dall'abbigliamento delle cassiere risulta essere, nell'insieme, adeguato, si è verificato se la discrepanza con il modello fosse dovuta non tanto all'inadeguatezza del valore globale di isolamento dell'abbigliamento quanto alla sua disuniformità sul corpo. Infatti, la figura 3 mostra che la percentuale di isolamento distribuita sugli arti inferiori (intesa come frazione di  $I_{cl}$  di pertinenza degli arti inferiori rispetto al totale) è ben correlata con l'errore di previsione ( $R^2=0,96$ ,  $p<0,001$ ). Da tale regressione risulta che l'errore è pari a circa un punto sulla scala ASHRAE quando l'isolamento "inferiore" è pari al 30% del totale, mentre tende ad azzerarsi verso valori compresi tra il 50 e il 60%, ovvero quando l'isolamento è uniformemente distribuito sul corpo. Analoghe considerazioni possono essere fatte anche con riferimento alla percentuale di insoddisfatti, che è del 30% superiore quando l'isolamento termico dell'abbigliamento risulta mal distribuito.

## Benessere acustico

Come già anticipato, l'intero ipermercato è stato ripartito in quattro aree acusticamente omogenee, differenziate principalmente in base alle diverse sorgenti sonore presenti. Nei magazzini il rumore di fondo ( $L_{A90}$ ) è mediamente pari a circa 52 dB per la presenza di musica di sottofondo, con fluttuazioni ( $L_{A10} - L_{A90}$ ) intorno ai 19 dB per il passaggio di transpallet per lo scarico/carico delle merci, soprattutto nelle prime ore della mattina. L'area vendita è stata suddivisa in una parte "silenziosa" e in una "rumorosa". Nella prima, meno frequentata dalla clientela e caratterizzata dalla musica di sottofondo e dal passaggio dei transpallet provenienti dai magazzini, il  $L_{A90}$  è pari a circa 54 dB, mentre le fluttuazioni dovute al passaggio dei clienti sono pari a circa 11 dB. La seconda è caratterizzata da numerose sorgenti sonore come i banchi frigo, i macchinari di preparazione e confezionamento dei cibi, il vociare, i numerosi annunci dei banchi di vendita assistita, che fanno sì che il rumore di fondo sia pari a circa 65 dB, con fluttuazioni più basse rispetto alle precedenti aree (circa 8 dB). L'ultima area è quella delle casse dove coesistono numerose fonti di rumore, come lo stazionamento di clienti con carrelli o con i trolley in plastica, le cui maniglie

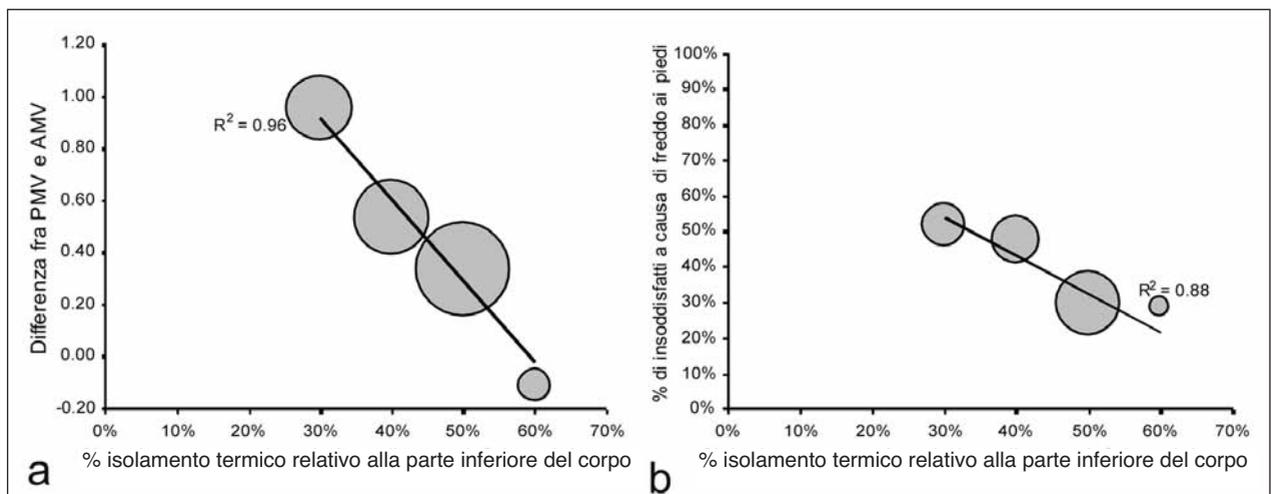


Figura 3 - Correlazione tra la percentuale di isolamento dell'abbigliamento distribuita sugli arti inferiori con l'errore di previsione PMV-AMV (a) e con la percentuale di insoddisfatti per freddo agli arti inferiori (b)

Figure 3 - Correlation between the percentage of thermal insulation on the lower part of the body and the prediction error PMV-AMV (a) and with the percentage of dissatisfied due to cold feet (b)

chiudendosi risultano assai rumorose, i beep dei lettori di codici a barre delle casse, la musica di sottofondo, il vociò, gli annunci di servizio e pubblicitari. Inoltre la barriera casse si affaccia sulla galleria commerciale, il che determina anche la sovrapposizione delle sorgenti sonore che provengono dalla stessa, come la musica di sottofondo e i rumori delle attività del centro commerciale. Queste fonti determinano il più alto rumore di fondo (pari a 66 dB) con picchi di soli 6 dB più elevati.

Oltre a quanto già discusso in [12], l'analisi del comfort acustico nell'ipermercato è stata completata con l'esame dei valori di intelligibilità del parlato (STI), così come definito dalla norma IEC 60268-16 [21]. Eventuali carenze in tale parametro, nelle attività in cui la comprensione dei messaggi verbali risulta rilevante, possono essere indice di potenziali problemi di affaticamento e fonte di insoddisfazione acustica. Nelle diverse aree dell'ipermercato vi è sempre almeno un 20% dei lavoratori che lamenta problemi di intelligibilità, con punte del 38% in corrispondenza della barriera casse.

Lo STI è un parametro che varia tra 0 e 1, dove a 0 corrisponde l'intelligibilità minima e a 1 quella massima, ed è stato misurato in corrispondenza di diverse postazioni di lavoro (quelle in cui effettivamente il lavoratore svolge il proprio compito). Il parametro assume valori che variano da 0,59 nei magazzini, a 0,37 nei laboratori e ai banchi di vendita, passando per lo 0,54 nell'area vendita silenziosa e lo 0,40 alle casse. Si può osservare che ad influenzare il risultato sono i livelli di rumorosità tipici dell'area (al crescere dei quali il parametro decresce), unitamente alla distanza fra sorgente e ascoltatore e alla riverberazione dell'ambiente. Quest'ultima grandezza assume mediamente valori intorno a 1,25 s alle medie frequenze, con punte anche di 1,6 s in alcuni punti dell'ipermercato, fra cui la barriera casse. Tale aspetto è di particolare rilevanza perché una maggiore riverberazione, oltre a far diminuire lo STI, contribuisce a rendere l'ambiente maggiormente rumoroso in presenza di sorgenti multiple (effetto cocktail-party). Come si può notare, l'elevato numero di lamenti osservate alle casse corrisponde effettivamente a valori di intelligibilità piuttosto bassi. In corrispondenza dei banchi vendita dei prodotti freschi lo STI è ancora

più basso (0,37), ma escludendo le prime ore della mattina in cui i laboratori adiacenti sono in piena attività, il valore sale a 0,42. In ogni caso la percentuale di lavoratori che lamenta problemi di intelligibilità è comunque la metà che alla barriera casse.

### **Benessere visivo**

L'analisi preliminare del benessere visivo ha preso in esame la distribuzione dei valori di illuminamento misurati e le rispettive risposte soggettive espresse in termini di illuminamento percepito e di soddisfazione visiva. Dalle analisi delle correlazioni tra le sensazioni soggettive e l'illuminamento misurato è emerso che le ampie variazioni di illuminamento non trovano corrispondenza nei valori di IP che, invece, si attestano intorno al valore medio della scala con modestissime variazioni. Fra le possibili spiegazioni di tale comportamento, la più convincente è risultata essere connessa alla capacità di adattamento individuale. Infatti, i lavoratori che hanno risposto al questionario trovandosi nella posizione di rilevazione da meno di 15 minuti sono risultati più sensibili alle variazioni rispetto ai lavoratori che permanevano da più di un'ora in quella stessa area. Le sensazioni soggettive di soddisfazione nei confronti dell'ambiente luminoso e la percezione dell'intensità luminosa sono comunque risultati correlati tra di loro tramite una regressione non lineare (11). Da tale andamento emerge che in condizioni di elevata luminosità i giudizi di soddisfazione crescono meno (e, anzi, sembrano stabilizzarsi) rispetto a quanto accade quando l'illuminamento percepito diminuisce, con un rapido calo dei giudizi di soddisfazione.

La soddisfazione soggettiva per l'ambiente luminoso è risultata correlata con la presenza di disturbi visivi. In particolare, il disagio maggiormente lamentato è stato la mancanza di luce naturale (33% dei questionari raccolti), mentre percentuali più basse sono dovute alla resa innaturale dei colori (10%) e alla presenza di riflessi (6%). Il primo problema è tipico di questo tipo di strutture e non può essere facilmente "corretto", anzi, paradossalmente, lì dove la luce naturale è presente subentrano problemi legati all'abbagliamento da luce solare diretta. Per l'ultimo, invece, è stato possibile indagare

**Tabella 2** - Distribuzioni percentuali dei rapporti di luminanza valutati rispetto al valor medio nell'area del compito visivo e rilevati in alcuni degli ambienti esaminati

*Table 2* - Percentage distribution of the luminance ratios compared to the average luminance in the visual task area and measured in some of the analyzed spaces

	Rapporto fra luminanze				
	<1/10	1/10-1/3	1/3-3	3-10	>10
Macelleria	0,0	78,8	20,7	0,3	0,2
Pizzeria	0,0	47,8	48,3	1,6	2,3
Farmacia	0,0	0,0	94,0	3,7	2,3
Barriera casse	0,0	0,0	72,3	12,3	15,4

più in dettaglio i fenomeni di abbagliamento cercando di identificarne le cause.

Per cercare di approfondire l'entità dei fenomeni legati ai contrasti di luminanza si è proceduto secondo il metodo descritto in precedenza con cui è stato possibile ricavare informazioni non solo qualitative, ma anche quantitative sulle immagini raccolte. Ogni immagine è stata suddivisa in una matrice 40x60 da cui ottenere informazioni relativamente ai contrasti di luminanza fra aree adiacenti e fra singole celle e i valori medi complessivi oppure riferiti all'area del compito visivo. Fra le diverse aree dell'ipermercato sono state selezionate quelle più "sensibili" per difficoltà del compito visivo e per la presenza di eventuali rischi derivanti da fenomeni di abbagliamento (tabella 2).

Nei reparti dedicati alla preparazione dei cibi (macelleria, pizzeria) compaiono solo marginali zone in cui la luminanza è sbilanciata a causa di riflessi indiretti oppure a causa di lampade basse dedicate all'illuminazione dei cibi e che potrebbero entrare nel campo visivo quando gli operatori dovessero sollevare lo sguardo rispetto al compito visivo principale, ad esempio per rivolgersi ad interlocutori.

In farmacia, il compito visivo principale riguarda l'utilizzo dei videoterminali e l'assistenza al cliente. Considerando la tastiera e il videoterminale come area del compito visivo, i rapporti di luminanza sono molto equilibrati (il 94% dell'area osservata ha valori compresi fra 1/3 e 3 volte il valore medio del compito visivo), con marginali situazioni di abbagliamento dovute alle lampade a soffitto. Questo fenomeno è dovuto principalmente agli apparecchi luminosi posti in lontananza lungo la corsia, i quali

hanno la schermatura delle lampade in senso longitudinale rispetto alla posizione dell'operatore.

Le casse rappresentano l'ambiente più delicato dal punto di vista del comfort visivo (figura 4), non tanto per la mansione specifica (caratterizzata da un impegno visivo non elevato), quanto per la posizione all'interno dell'ipermercato. La barriera casse è infatti esposta, per tutta la sua lunghezza, alla luce naturale: per questo motivo si sono studiate le condizioni più problematiche, selezionando le postazioni che presentavano un maggiore rischio di abbagliamento. Poiché la posizione del sole varia sia durante il corso dell'anno sia durante l'arco della giornata, sono state analizzate diverse condizioni di esposizione. Tutta la superficie finestrata si presenta come una superficie potenzialmente abbagliante e, essendo esposta a sud-ovest, si ha un notevole peggioramento nelle prime ore del pomeriggio. Il fenomeno di abbagliamento è amplificato dalle finiture superficiali delle pareti e delle mazzette e degli stipiti, di colore chiaro, e dalla pavimentazione riflettente che provoca un sostanziale raddoppio della superficie abbagliante. Inoltre sono anche potenzialmente abbaglianti le lampade poste in corrispondenza della barriera, sebbene questo fenomeno si verifichi in corrispondenza delle lampade prossime all'operatore, e quindi fuori dal campo visivo, a differenza della superficie finestrata che, invece, ne è totalmente compresa. Le casse più vicine alla parete finestrata (figura 4) mostrano, nelle ore pomeridiane, una percentuale di superficie abbagliante (con valori di luminanza maggiori di 10 volte rispetto al valore medio del compito visivo) pari al 15% del totale, con gran parte di questa che rientra, o è molto vicina, al compito visivo.

Dall'analisi condotta è possibile confermare che, ad eccezione della barriera casse, dove l'estensione della superficie finestrata può realisticamente essere causa di significativi problemi di abbagliamento, negli altri casi i problemi sono marginali e interessano zone solitamente lontane dal compito visivo principale.



**Figura 4** - Immagine fotografica (sopra) e distribuzione dei rapporti di luminanza (sotto) in una delle postazioni della barriera casse alle ore 15.00. L'area riquadrata corrisponde alla porzione in cui si svolge il compito visivo. Le aree in bianco corrispondono a rapporti di luminanza compresi fra  $1/3$  e  $3$  volte il valore medio nella zona del compito visivo; quelle in grigio a valori compresi fra  $1/10$  e  $10$  volte e quelle in nero corrispondono a valori superiori a tali limiti

*Figure 4 - Photographic image (top) and luminance ratio distribution (bottom) in one of the stations of the cashier barrier at 15.00. The boxed area corresponds to the portion in which the visual task takes place. White areas correspond to luminance ratios between  $1/3$  and  $3$  times the average value in the area of visual task; those in grey to values between  $10$  and  $1/10$  times and those in black correspond to values above those limits*

## DISCUSSIONE: ELENCO RAGIONATO DI “BUONE-PRATICHE”

A conclusione di questo studio, è possibile trarre alcuni importanti insegnamenti, almeno per quanto riguarda le problematiche di interesse più generale e non riconducibili specificamente al solo caso di studio esaminato.

In nessun caso sono state evidenziate situazioni di rischio, mentre sono emerse in diverse occasioni situazioni di discomfort. Tali situazioni sono risolvibili attraverso interventi localizzati sul layout della struttura di vendita, o attraverso l'adozione di piccoli accorgimenti di tipo pratico.

Di seguito si elencano i principali fenomeni osservati e le relative possibili soluzioni.

**Problema 1:** Addetti casse che sentono più freddo di quanto previsto dai modelli

**Causa:** presenza di cause di discomfort locale (pavimento freddo), correnti, distribuzione non uniforme dell'abbigliamento

### Soluzioni:

Impiegare banchi frigo chiusi, oppure organizzare il lay-out distributivo in modo da evitare che essi siano troppo vicini alla barriera casse e che l'aria fredda (ulteriormente movimentata dalle ventole dei condensatori) possa raggiungere chi svolge una mansione che lo obbliga a stare fermo in uno stesso posto.

Limitare i moti convettivi fra ipermercato e galleria attraverso il coordinamento dei set-point impiantistici (evitando cioè gradienti di temperatura), al limite prevedere idonee schermature che possano rallentare il moto dell'aria.

Prevedere un codice di abbigliamento flessibile che consenta di distribuire l'isolamento termico degli operatori in maniera più uniforme. Per il personale di sesso femminile, in particolare, consentire di poter scegliere liberamente fra gonna e pantalone in funzione delle proprie esigenze.

**Problema 2:** Sensazioni termiche “amplificate” dal passaggio fra ambienti climatizzati (area vendita) e non (magazzini)

**Causa:** differenze di temperature rilevanti fra ambienti diversi

**Soluzione:**

Prevedere, ove possibile, delle zone di transito per consentire un passaggio graduale fra ambienti termicamente differenti e favorire il naturale adattamento del corpo.

**Problema 3:** eccessiva rumorosità in corrispondenza della barriera casse

**Causa:** sovrapposizione musica di sottofondo proveniente dall'ipermercato e dalla galleria, rumori prodotti dalle attività svolte alle casse

**Soluzioni:**

Coordinare l'emissione di musica di sottofondo fra ipermercato e galleria, differenziando soltanto gli annunci.

Prevedere l'installazione di baffles fonoassorbenti a soffitto e di schermi fonoassorbenti intorno alle casse (utili anche per risolvere il Problema 1).

Rendere funzionanti, compatibilmente con l'affluenza di clientela, casse distanziate fra di loro, in modo da evitare una concentrazione e sovrapposizione di attività rumorose (movimentazione carrelli metallici, chiusura cestini con manico telescopico, parlato).

Variare i segnali sonori che segnalano la lettura dei codici a barre in modo da interessare frequenze meno rilevanti per l'intelligibilità del parlato.

Impiegare cestelli senza manico telescopico.

**Problema 4:** eccessiva rumorosità ai banchi vendita

**Causa:** sovrapposizione di numerosi segnali sonori, rumori prodotti dalle attrezzature per la lavorazione e produzione dei cibi

**Soluzione:**

Modifica del lay-out delle aree lavorative nei laboratori di preparazione e confezionamento dei cibi, separando le attività non rumorose da quelle rumorose, limitando quindi l'esposizione al rumore ai soli lavoratori addetti alla specifica lavorazione, anche con eventuali schermature fonoassorbenti.

Applicazione di trattamenti fonoassorbenti (baffles) sul soffitto in modo da contenere il tempo di riverberazione e limitare anche i livelli sonori prodotti in ambiente.

**Problema 5:** Abbagliamento da luce naturale

**Causa:** Aperture finestrate che, in funzione dell'esposizione, causano l'ingresso di luce solare diretta in alcune ore della giornata

**Soluzione:**

Preferire l'orientamento delle superfici vetrate a nord in modo da evitare l'ingresso di radiazione solare diretta.

Prevedere l'impiego di idonee schermature (lamelle, mensole luminose) che consentano di diffondere meglio la luce all'interno dell'ambiente (anche in profondità), senza lasciare entrare la radiazione diretta.

Se la mansione lo consente, come ad esempio alle casse, prevedere l'impiego selettivo delle postazioni di lavoro meno disagiate in funzione delle ore della giornata, in modo da evitare sia l'abbagliamento che l'affaticamento dell'occhio dei lavoratori causato da condizioni di luminanza molto differenti tra loro.

**CONCLUSIONI**

I risultati di un progetto triennale finalizzato allo studio delle condizioni di comfort termico, acustico e visivo nei centri commerciali sono stati presentati evidenziando gli aspetti di maggiore interesse generale per i diversi fenomeni indagati. La complessità della tipologia di struttura e di mansioni coinvolte ha richiesto una accurata definizione della metodologia di indagine, opportunamente verificata, definendone i limiti di utilizzo. Dai risultati raccolti sul piano del comfort termico non sono emerse situazioni particolarmente preoccupanti, ma si è riscontrata una discrepanza fra sensazioni soggettive e descrittori oggettivi in corrispondenza della barriera casse. Ciò è stato spiegato alla luce di alcuni fenomeni di discomfort localizzato (pavimento freddo) amplificati dall'adozione di un codice di abbigliamento che favoriva una distribuzione asimmetrica dell'isolamento sul corpo. Sul piano acustico non si sono evidenziate situazioni critiche, con livelli equivalenti rilevati sempre ampiamente al disotto dei valori di riferimento. Tuttavia, anche in questo caso sono emerse problematiche localizzate legate alla sovrapposizione di più sorgenti sonore, in particolare in prossimità della zona a ri-

dosso della galleria commerciale adiacente all'ipermercato in corrispondenza dei laboratori per la preparazione dei cibi. Infine, sul piano del comfort visivo è emersa una sostanziale soddisfazione nei confronti dell'ambiente, apparentemente legata ad un rapido adattamento alle condizioni di luminosità che, in ogni caso, sono mediamente conformi agli standard. Problemi di abbagliamento, sebbene non espressamente lamentati dai lavoratori, appaiono quasi esclusivamente in prossimità delle aperture verso l'esterno da cui, in alcune ore della giornata, entra luce solare diretta.

I risultati trovati sono evidentemente riferiti allo specifico caso esaminato e, data la grande variabilità che tali ambienti possono avere in termini di condizioni planimetriche, logistiche e organizzative, possono essere estesi solo ai casi affini. Auspicando che ulteriori ricerche possano in futuro consentire una maggiore generalizzazione, con riferimento alle problematiche evidenziate sono state comunque definite una serie di "buone pratiche" utili ad ovviare agli inconvenienti riscontrati e garantire condizioni pienamente soddisfacenti a tutti i lavoratori.

NO POTENTIAL CONFLICT OF INTEREST RELEVANT TO THIS ARTICLE WAS REPORTED

## BIBLIOGRAFIA

- ANSI/ASHRAE. Standard 55-2004: Thermal environmental conditions for human occupancy, American Society of Heating, Atlanta, Georgia: Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), 2010
- Barbieri PG: Disturbi e patologie da sovraccarico biomeccanico degli arti superiori in un campione di 173 lavoratori addetti alle casse di supermercati. *Med Lav* 2013; *104*: 236-243
- Becker R, Paciuk M: Thermal comfort in residential buildings – Failure to predict by Standard model. *Build Environ* 2009; *44*: 948-960
- Blazier WE: Revised noise criterion for application in the acoustical design and rating of HVAC systems. *Noise Control Eng J* 1981; *162*: 64-73
- Brager GS, de Dear R: Thermal adaptation in the built environment: a literature review. *Energy and Buildings* 1998; *27*: 83-96
- Busch JF: Thermal responses to the Thai office environment. *ASHRAE Transactions* 1990; *AT90-6-3*: 859-872
- Cavallo DM, Carrer P, Liotti F, Muzi G: Qualità dell'aria degli ambienti confinati non industriali: indicazioni per la valutazione del rischio e la sorveglianza sanitaria. *G Ital Med Lav Erg* 2004; *26*: 416-428
- Chen B, Kang J: Acoustic Comfort in Shopping Mall Atrium spaces: A Case Study in Sheffield Meadowhall. *Architectural Science Review* 2004; *47*: 107-114
- Cirillo E, D'Alba M, Martellotta F: Rumore e attività lavorativa negli uffici. *Med Lav* 2006; *97*: 749-761
- de Dear R: Thermal comfort in practice. *Indoor Air* 2004; *14*: 32-39
- Della Crociata S, Martellotta F, Simone A: A measurement procedure to assess indoor environment quality for hypermarket workers. *Build Environ* 2012; *47*: 288-299
- Della Crociata S, Simone A, Martellotta F: Acoustic comfort evaluation for hypermarket workers. *Build Environ* 2013; *59*: 369-378
- Fang L, Clausen G, Fanger PO: Impact of temperature and humidity on the perception of indoor air quality. *Indoor Air* 1998; *8*: 80-90
- Fang L, Wyon D P, Clausen G, Fanger PO: Impact of indoor air temperature and humidity in an office on perceived air quality, SBS symptoms and performance. *Indoor Air* 2004; *14* (Suppl 7): 74-81
- Fanger PO: *Thermal comfort*. Malabar, FL, USA: Robert E. Krieger Publishing Company, 1982
- Fanger PO, Toftum J: Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates. *Energy Buildings* 2002; *34*: 533-536
- Hay B, Kemp MF: Measurements of noise in air conditioned, landscaped offices. *J Sound Vib* 1972; *23*: 363-373
- HOPE: Health Optimization Protocol for Energy-efficient Buildings, Pre-normative and socio-economic research to create healthy and energy efficient buildings, <http://hope.epfl.ch/> (ultima visita 10/03/2014)
- Humphreys MA, Nicol JF: The validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in every-day thermal environments. *Energy Buildings* 2002; *34*: 667-684
- Humphreys MA, Hancock M: Do people like to feel 'neutral'? Exploring the variation of the desired thermal sensation on the ASHRAE scale. *Energy Buildings* 2007; *39*: 867-874
- IEC 60268-16:2011 - Sound system equipment, Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index; International Electrotechnical Commission, 2011
- ISO. International standard 7726: Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities. International Standards Organization; 1998

23. ISO. International standard 10551: Ergonomics of the thermal environment – Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales. International Standards Organization, 1999
24. ISO. International standard 7730: Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. International Standards Organization, 2005
25. ISO. International standard 9920: Ergonomics of the thermal environment – Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble. International Standards Organization, 2007
26. Kjellberg A, Landström U, Tesarz M, et al: The effects of nonphysical noise characteristics, ongoing task and noise sensitivity on annoyance and distraction due to noise at work. *J Environ Psychol* 1996; *16*: 123-136
27. Li WM, Lee SC, Chan LY: Indoor air quality at nine shopping malls in Hong Kong. *Sci Total Environ* 2001; *273*: 27-40
28. Moore T, Carter DJ, Slater AI: User attitudes toward occupant controlled office lighting. *Lighting Res Technol* 2002; *34*: 207-216
29. Ochoa CE., Capeluto IG: Evaluating visual comfort and performance of three natural lighting systems for deep office buildings in highly luminous climates. *Build Environ* 2006; *41*: 1128-1135
30. Simone A, Della Crociata S, Martellotta F: The influence of clothing distribution and local discomfort on the assessment of global thermal comfort. *Build Environ* 2013; *59*: 644-653
31. Spada G: Messa a punto di un videofotometro e suo impiego in ambienti confinati, Tesi di dottorato in sistemi termomeccanici, XVI ciclo, Università degli Studi di Napoli, A.A. 2002/2003,
32. van Hoof J: Forty years of Fanger's model of thermal comfort: comfort for all? *Indoor Air* 2008; *18*: 182-201
33. Wang D, Federspiel CC, Arens E: Correlation between temperature satisfaction and unsolicited complaint rates in commercial buildings. *Indoor Air* 2005; *15*: 13-18
34. [www.ispesl.it/profili\\_di\\_rischio/Supermercati/index.asp](http://www.ispesl.it/profili_di_rischio/Supermercati/index.asp) (ultima visita 10/03/2014)