

Studio del benessere indoor per i lavoratori degli ipermercati: metodologia di studio, analisi dei dati sperimentali e proposta di buone pratiche

Francesco Martellotta^{1*}, Michele D'Alba¹, Leonardo Calderoni¹, Sabrina Della Crociata¹, Antonio Simone¹, Massimo Cervellati², Nunzio Papapietro²

¹Politecnico di Bari, Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile e dell'Architettura, via Orabona 4, 70125 Bari

²INAIL Puglia - Consulenza Tecnica Regionale Accertamento Rischi e Prevenzione, via Brigata Regina 6, 70126 Bari (BA)



* Autore corrispondente: Francesco Martellotta, Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile e dell'Architettura, Politecnico di Bari, via Orabona 4, 70125 – Bari, Tel. 0805963631, email: f.martellotta@poliba.it

1.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 [1], 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 [2-6], proponendo correzioni e approcci alternativi [7-8]. La qualità dell'aria indoor (IAQ) è stata analizzata principalmente con riferimento agli edifici per uffici, anche in correlazione con il comfort termico [9-11]. Numerosi studi sono stati svolti sul comfort acustico, in particolare sul disturbo causato dal rumore negli uffici [12-14] che spesso non induce a 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 [15-16].

La maggior parte della letteratura scientifica è focalizzata per lo più su edifici per uffici, mentre solo una parte minore riguarda gli edifici commerciali [17-19]. 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 alimentari 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 [20-21]. 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. 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 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 [22], e successivamente ha analizzato nel dettaglio le problematiche termiche e acustiche [23-24] e il modo in cui i diversi aspetti si combinano fra loro per influenzare la percezione soggettiva relativa al comfort globale [25]. Infine, 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 [26].

2. Metodi

2.1 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 m², di cui 10.900 m² di pertinenza dell'area vendita, 4.200 m² dei magazzini e 1.900 m² dei laboratori di preparazione e confezionamento dei cibi. L'area vendita è completamente climatizzata, mentre i magazzini sono ventilati naturalmente. L'altezza media è pari a 6,5 m nell'area vendita e nei magazzini, mentre nei laboratori è pari a 3,5 m per la presenza di controsoffitti. I clienti e il personale accedono da ingressi separati: i primi raggiungono

l'ipermercato attraverso la galleria commerciale, mentre i secondi attraverso la zona uffici collegata direttamente con l'ambiente esterno.

La disposizione delle merci all'interno dell'ipermercato è indicata in Fig. 1. I prodotti per l'igiene personale, la farmacia, i beni non deperibili, le corsie refrigerate del latte e degli yogurt, la pescheria, l'ortofrutta, e il reparto surgelati sono ubicati nelle vicinanze delle casse. Il laboratorio macelleria, gastronomia, panificio e pasticceria, l'area delle bevande, il reparto detersivi, casalinghi, cancelleria, elettrodomestici e arredamento sono invece situati nelle aree periferiche. 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. Ciò è molto importante poiché consente di generalizzare le problematiche emerse in questo studio.

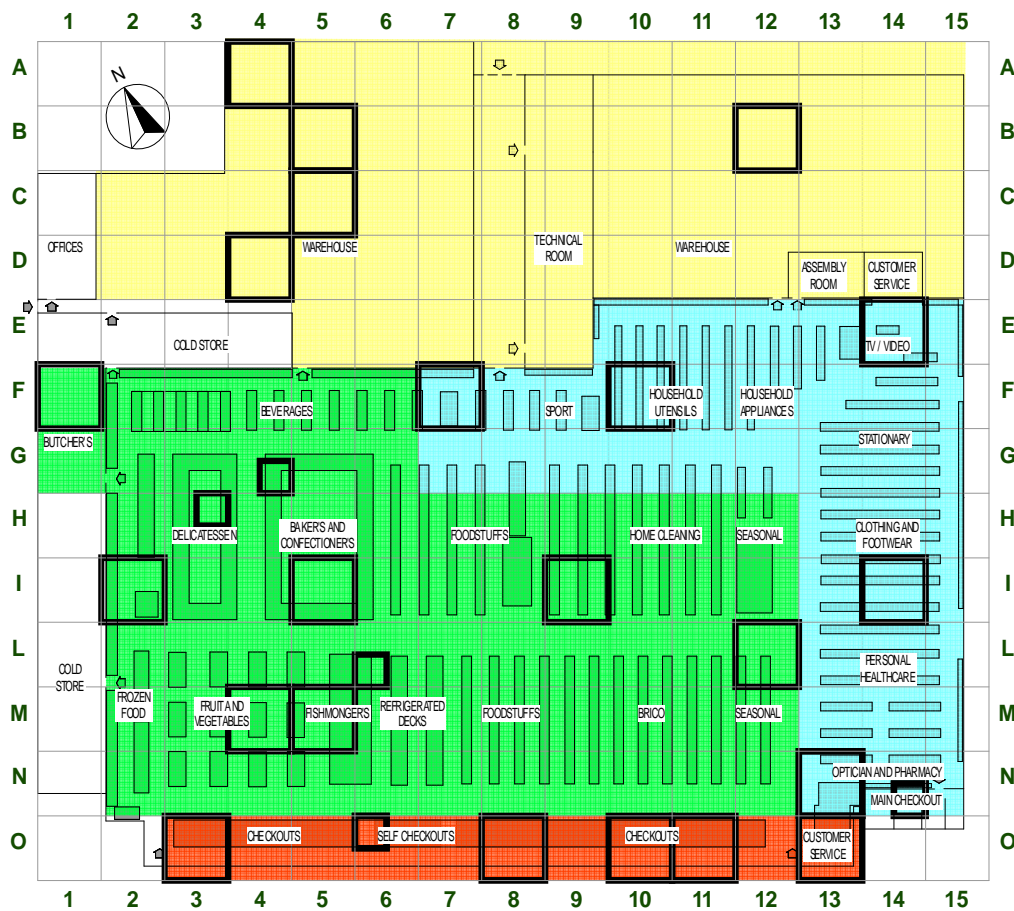


Figura 1. Pianta e sistema di riferimento dell'ipermercato

2.2 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, cui ha fatto seguito 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. Tuttavia, una parte delle misurazioni sul campo sono state effettuate anche durante le stagioni intermedie per valutare l'influenza delle variazioni climatiche esterne sulle sensazioni soggettive di comfort.

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, tenendo conto anche del funzionamento del sistema di condizionamento, oltre che dei turni lavorativi dei lavoratori.

Contestualmente alle rilevazioni strumentali, i dipendenti impegnati in attività lavorative la cui ubicazione usuale è 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 da parte del gruppo di ricerca, dei colleghi o dei superiori.

Per le misure dell'ambiente termico è stata utilizzata una stazione microclimatica con datalogger, conforme alla norma ISO 7726 [27]. Le sonde utilizzate sono state: un globotermometro di 150 mm di diametro, una sonda di temperatura del pavimento, un anemometro a filo caldo omnidirezionale, un radiometro netto per le misure di asimmetria radiante, una sonda per la temperatura di bulbo secco con sensore di umidità relativa integrata. Queste sono state collocate ad una altezza pari a 1,1 m dal pavimento e a una distanza adeguata dalle superfici radianti.

Per le misurazioni acustiche è stato utilizzato un fonometro con analizzatore di frequenza in tempo reale e registratore digitale. Il microfono ad incidenza casuale è stato posto ad

una distanza minima di 1,0 m da qualsiasi superficie riflettente e a 1,5 m dal pavimento. Prima e dopo ogni misurazione il microfono è stato calibrato con un calibratore acustico. I principali parametri acustici rilevati sono stati i seguenti: livello equivalente ponderato A ($LeqA$), livello di pressione acustica di picco ponderato C ($LCpk$), livelli sonori in bande di terzi di ottava da 20 Hz a 20 kHz e livelli statistici ponderati A ($L99$, $L90$, $L50$, $L10$, $L5$, $L1$). Per la determinazione dello Speech Transmission Index (STI) si è proceduto alla misurazione secondo la norma IEC 60268-16[28] con metodo indiretto, ovvero misurando la risposta all'impulso posizionando una sorgente direttiva nella posizione ipotizzata per il parlatore e disponendo il microfono nella posizione usualmente occupata dell'ascoltatore, 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 [29].

Per la valutazione del comfort visivo è stato misurato l'illuminamento orizzontale della 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, permette di ricavare i valori di luminanza [30]. Il sistema utilizza una fotocamera digitale con impostazioni completamente manuali, un'interfaccia grafica sviluppata in Matlab e un luxmetro portatile per la taratura.

2.3 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, della natura e dell'organizzazione di ciascun lavoro, dei risultati delle indagini preliminari, cercando di caratterizzare, per quanto possibile, ogni postazione di lavoro, in particolare quelle con condizioni termiche più estreme, anche se meno frequentate dai lavoratori [31] (Fig. 1).

2.4 Questionari

In letteratura i questionari sono considerati il mezzo più efficace per raccogliere i giudizi soggettivi sul comfort. 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 questionario 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 i maggiori disagi. Esso è stato articolato in tre sezioni principali, 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. I questionari, anonimi, hanno fornito indicazioni utili alla fase successiva di indagine vera e propria (punti di misura, aspetti da approfondire nel questionario operativo). In particolare, nella prima sezione, sono state richieste informazioni di carattere generale riguardanti il lavoratore, la mansione svolta e la posizione abituale di lavoro. Nella seconda sezione sono state poste domande sulle abitudini e sulle modalità di lavoro: movimentazione di carichi e movimenti ripetuti, utilizzo di attrezzature che generano calore o rumore, indicazione della posizione abituale di lavoro. Quest'ultima indicazione, da fornire indicando la propria posizione su una planimetria, con l'eventuale indicazione dei percorsi interni abitualmente seguiti per lavoro, è stata utile a correlare i disturbi e le sensazioni soggettive associate a luoghi specifici. Per lo stesso motivo, facendo affidamento sulla esperienza dei luoghi di lavoro da parte del dipendente, è stato chiesto di indicare, in riferimento a ogni reparto, i disturbi e le sensazioni termiche prevalenti (su una scala bipolare in tre punti). È stato inoltre chiesto di indicare sintomi correlati all'edificio eventualmente avvertiti. La terza sezione ha riguardato la valutazione del benessere ed è stata suddivisa in una valutazione per la stagione invernale e una per quella estiva, con riferimento, in questo caso, all'esperienza della propria posizione abituale di

lavoro, indicata precedentemente. La strutturazione delle domande e la presentazione grafica è stata organizzata in accordo con i questionari elaborati nell'ambito del progetto HOPE [32] e con la norma ISO10551:1995[33].

Nel questionario preliminare i vari aspetti del benessere sono stati indagati attraverso scale in sette punti con l'indicazione del valore numerico associato a ogni punto e di quello semantico dei soli estremi. Ogni aspetto del benessere (termoigrometrico, acustico, illuminotecnico, qualità dell'aria) è stato indagato con una scala di soddisfazione (da molto insoddisfacente a molto soddisfacente) e con altre scale specifiche. Alla fine della sezione, è stata posta una domanda sul grado di soddisfazione globale relativo all'ambiente occupato, valutando tutti gli aspetti nel loro insieme e chiedendo di fare una stima dell'eventuale incremento o decremento della produttività, sia per la stagione invernale che per la stagione estiva, dovuto all'ambiente di lavoro.

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 non ben comprese. Il questionario operativo ricalca, infatti, quello preliminare, prevedendo delle parti comuni come quella di rilevazione di dati socio-anagrafici e delle modalità lavorative, ma con caratteristiche diverse legate alle sue finalità e alla necessità di metterlo in relazione, questa volta, con le misure oggettive condotte contestualmente.

Il questionario operativo riporta una prima parte in cui poter identificare la postazione di compilazione, assieme alla data e l'ora, per rendere più agevole le correlazioni successive con le misurazioni strumentali. Segue una sezione per i dati socio-anagrafici degli intervistati (sesso, età e livello di istruzione) e le informazioni generali sul proprio lavoro (qualifica, orario di ingresso nell'ipermercato, tempo di permanenza in prossimità del punto di indagine e se questo è una postazione di lavoro abituale). Poiché una persona può essere considerata in condizioni termiche stazionarie dopo 10-20 minuti di permanenza in uno stesso ambiente termico [34], e il tempo necessario per compilare il questionario è stato stimato intorno ai 3-5 minuti, le domande sul tempo di permanenza sono state impiegate per identificare le persone che con più probabilità erano in condizioni termiche stazionarie. È stato 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 [35]. Considerando infatti

l'abbigliamento come combinazione di indumenti, l'isolamento risultante (Icl) può essere stimato con maggiore precisione rispetto all'utilizzo dei valori relativi a singoli capi. In questa maniera è stato inoltre più facile ottenere descrizioni complete dell'abbigliamento senza imprecisioni e omissioni, superando le reticenze nel descriverne i dettagli. La prima sezione termina con tre domande di autovalutazione su scale in tre punti relative alla capacità visiva, uditiva e all'abitudine al fumo, informazioni utili in fase di analisi per spiegare eventuali risposte anomale.

Tabella 1. Scale di valutazione del benessere

Benessere Termico									
AMV	Molto freddo	-3	-2	-1	0	1	2	3	Molto caldo
WTS	Molto freddo	-3	-2	-1	0	1	2	3	Molto caldo
PTS	Molto freddo	-3	-2	-1	0	1	2	3	Molto caldo
ETS	Molto freddo	-3	-2	-1	0	1	2	3	Molto caldo
TSat	Molto insoddisfacente	1	2	3	4	5	6	7	Molto soddisfacente
Benessere Acustico									
API	Molto leggero	1	2	3	4	5	6	7	Molto forte
AWI	Molto leggero	1	2	3	4	5	6	7	Molto forte
ASat	Molto insoddisfacente	1	2	3	4	5	6	7	Molto soddisfacente
Benessere Visivo									
PI	Scarsamente luminoso	1	2	3	4	5	6	7	Troppo luminoso
VSat	Molto insoddisfacente	1	2	3	4	5	6	7	Molto soddisfacente
IAQ									
OP	Odori assenti	1	2	3	4	5	6	7	Odori molto forti
FP	Aria consumata	1	2	3	4	5	6	7	Aria Fresca
HP	Aria secca	1	2	3	4	5	6	7	Aria umida
IAQSat	Molto insoddisfacente	1	2	3	4	5	6	7	Molto soddisfacente
Benessere Globale									
GSat	Molto insoddisfacente	1	2	3	4	5	6	7	Molto soddisfacente

La seconda sezione riguarda il comfort termico, acustico, visivo e IAQ. I diversi aspetti sono stati studiati mediante scale di sette punti unipolari o bipolari (Tabella 1) con i descrittori semantici esplicitati per i soli estremi e i valori numerici per ciascun punto della scala. Per ogni aspetto sono state poste ulteriori domande circa la soddisfazione attraverso una scala da "molto insoddisfatto" a "molto soddisfatto" e, infine, una valutazione del comfort globale. È stato deciso di utilizzare per ogni risposta la tipologia di scala a sette punti che, anche se non molto efficace per alcune voci, ha permesso di standardizzare il questionario e facilitarne la compilazione durante l'orario di lavoro, riducendo i tempi di risposta, ma non le informazioni raccolte. Il rischio di response-set, causato da lunghe liste di domande simili, è stato considerato marginale o riconoscibile a causa della varietà degli elementi e l'interposizione di domande a risposta aperta e multipla. Per garantire risposte attendibili, i lavoratori sono stati informati circa le finalità

della ricerca e le sue possibili ricadute sulla qualità del lavoro, inoltre in nessun caso sono stati obbligati a partecipare ma semplicemente invitati. La maggior parte dei partecipanti ha mostrato un notevole interesse nei confronti delle attività svolte, interpretandole come strumenti per migliorare le condizioni ambientali in cui lavorano.

Nella sezione riguardante il comfort termico è stata utilizzata la scala ASHRAE a sette punti (da "molto freddo" a "molto caldo") per valutare la sensazione termica attuale, desiderata e attesa [36,37]. Per valutare gli effetti della transizione tra ambienti termici diversi, è stato chiesto agli intervistati di indicare l'area attraversata prima di giungere alla postazione di compilazione del questionario, e la sensazione termica in quel luogo. Il confronto tra la sensazione attuale e quella precedente ha fornito risposte più precise in merito alla sensazione termica. Per valutare la soddisfazione termica è stata posta una domanda dicotomica circa l'accettabilità dell'ambiente termico.

L'eventuale esistenza di discomfort termici localizzati è stata approfondita attraverso una domanda a risposta multipla in cui è stato chiesto di indicare la presenza di correnti d'aria, di parti del corpo più fredde o più calde di altre, con la possibilità di indicare altri tipi di disagio rispetto a quelli indicati esplicitamente nel questionario.

Il comfort acustico è stato indagato con domande sull'intensità sonora percepita e desiderata, impiegando una scala a sette punti variabile da "molto debole" a "molto forte". Non è stata utilizzata la tipica scala di disturbo a causa della complessità dell'ambiente acustico e perché è stato ritenuto più idoneo valutare la soddisfazione acustica con modalità simili a quelle usate per gli altri aspetti indagati, oltre al fatto che studi precedenti[13] hanno comunque mostrato buone correlazioni tra disturbo e insoddisfazione acustica. È stata poi posta una domanda a risposta multipla sulle possibili fonti di disagio acustico, con la possibilità di indicare liberamente altre cause non espressamente elencate. Infine è stata posta una domanda dicotomica circa l'intelligibilità del parlato, perché la difficoltà di comprendere messaggi parlati è considerata una delle cause più importanti di disagio acustico.

Il comfort visivo è stato analizzato considerando il livello di illuminamento percepito su una scala a sette punti variabile da "poco illuminata" a "molto illuminata". Anche in questo caso le eventuali fonti di disagio visivo sono state studiate attraverso una domanda a scelta multipla in cui si chiedeva di indicare fenomeni di abbagliamento diretto o da luce riflessa, la mancanza di illuminazione naturale o bassa resa del colore, con la

possibilità di indicare altre fonti di disagio visivo non indicate esplicitamente nel questionario.

La qualità dell'aria percepita è stata studiata attraverso domande sulla freschezza e umidità dell'aria e la percezione degli odori, anche in questo caso con la possibilità di indicare eventuali altri disagi.

3. Risultati

3.1 Composizione del campione

Dal mese di febbraio 2010 al mese di luglio 2011 nell'ipermercato sono stati raccolti 610 questionari, suddivisi equamente tra le aree omogenee e tra la stagione invernale, estiva, primaverile e autunnale.

L'intera superficie dell'ipermercato è stata suddivisa in quattro macroaree 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.

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.

Tabella 2. Composizione del campione di lavoratori suddivisi per mansione

Mansione	questionari compilati	%
Addetti Laboratori	44	7,2
Addetto vendite/Allestitore/Ordinatore	285	46,7
Caporeparto	17	2,8
Caposquadra	46	7,5
Cassiera	117	19,2
Esterno	2	0,3
Farmacista	10	1,6
Impiegata PDA	22	3,6
Impiegato	18	3,0
Impiegato Uffici	5	0,8
Inventario	4	0,7
Magazziniere	17	2,8
Visual Merchandiser	21	3,4
Non risponde	2	0,3
Totale complessivo	610	100

Le informazioni statistiche relative alle mansioni del campione dei lavoratori sono riassunte nella Tabella 2. Le mansioni più rappresentate sono le cassiere e gli addetti alla vendita. Gli addetti ai laboratori Gastronomia, Macelleria, Panetteria, Pasticceria, Pescheria e Pizzeria sono stati raggruppati in un unico gruppo denominato Addetti Laboratori.

3.2 Benessere termico

La problematica principale per valutazione del comfort termico ha riguardato la validità dell'indice PMV, definito dalla ISO 7730 [2,3,36], all'interno di ambienti di lavoro quali gli 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, non garantisce che i lavoratori siano in condizioni termiche stazionarie nel momento in cui rispondono [8, 22]

La correlazione tra le sensazioni soggettive (AMV) e l'indice PMV è stata indagata raggruppando i valori medi della sensazione termica attuale per intervalli di 0.5 punti dell'indice oggettivo e pesando i valori per il numero di rilevazioni presenti in ogni intervallo, in modo da tener conto di tutti i dati ma dando un peso maggiore alle classi più numerose e significative. I risultati, ampiamente discussi in [22], hanno mostrato 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 questi 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. Come mostra la Figura 2 un errore di previsione statisticamente significativo è emerso, invece, considerando ambienti climatizzati (area vendita) e ambienti ventilati naturalmente (magazzini) in quanto in essi la correlazione tra AMV e PMV, esaminata tramite un test del parallelismo, è risultata significativamente diversa ($p < 0.001$). Nei magazzini l'andamento della retta di regressione denota una sensazione termica soggettiva “amplificata” rispetto alla previsione del PMV, con

particolare riferimento alla porzione positiva del diagramma. Ciò significa che la sensazione percepita è di maggiore caldo di quanto previsto, il che è l'opposto di quanto solitamente accade negli ambienti naturalmente ventilati (a causa del maggiore adattamento alle condizioni estreme). Una delle possibili spiegazioni di tale anomalia è legata al fatto che i lavoratori si spostano frequentemente fra i depositi e l'area vendita, passando da un ambiente condizionato ad uno che non lo è, per cui i normali meccanismi di adattamento sono probabilmente meno efficaci. L'indice PMV può dunque essere utilizzato come un buon indice di previsione della sensazione termica soggettiva solo per i lavoratori all'interno degli ipermercati negli ambienti condizionati artificialmente ($p < 0.001$).

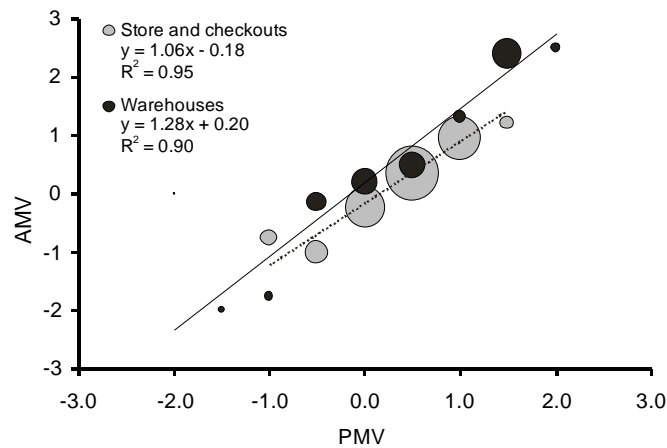


Figura 2. Correlazione tra AMV e PMV nei magazzini e nell'area vendita (a), negli ambienti climatizzati (b). L'area degli indicatori è proporzionale al numero di questionari

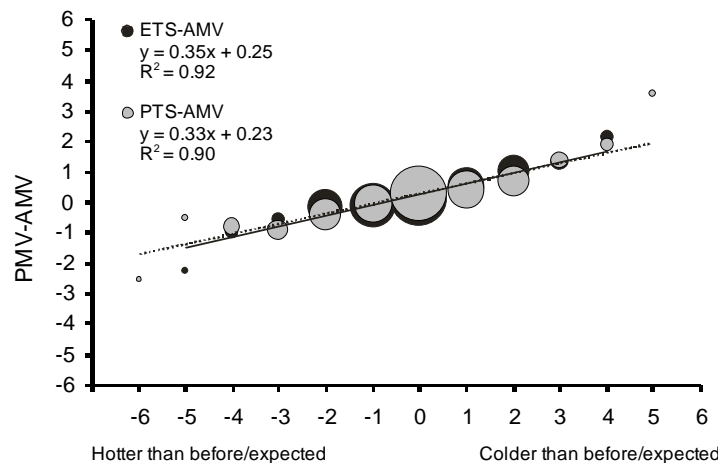


Figura 3. Errore di previsione del PMV in funzione della differenza tra PTS o ETS e AMV

Tabella 3. Valori medi di isolamento termico dell'abbigliamento e attività metabolica di addetti vendita e cassiere

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

Un altro aspetto importante emerso dall'indagine preliminare è stato che lo spostamento fra ambienti con caratteristiche termiche diverse determina una alterazione della percezione termica. Infatti, se si proviene da un ambiente più caldo, l'ambiente in cui ci si trova appare più freddo di quanto sarebbe apparso in condizioni stazionarie, e viceversa. Tale effetto è stato messo in evidenza diagrammando la differenza fra PMV e AMV in funzione della differenza fra la sensazione termica provata prima di giungere nell'ambiente e quella attuale (Fig. 3). Si osserva che lo scostamento è di circa una unità sulla scala ASHRAE per ogni tre unità di differenza fra la sensazione precedente e quella attuale, pertanto incide sulle valutazioni in maniera marginale per la maggior parte delle situazioni praticamente osservate. Analoga distorsione appare confrontando la differenza fra la sensazione attesa e quella effettivamente provata. In questo caso il meccanismo di condizionamento psicologico è fortemente influenzato dalla frequentazione abituale di un luogo e subisce pertanto l'influenza di fattori soggettivi che possono facilmente entrare in conflitto con i dati oggettivi, tuttavia l'ordine di grandezza è analogo a prima e, pertanto, tale da non alterare significativamente i risultati.

L'analisi più dettagliata delle condizioni di benessere microclimatico ha poi evidenziato una sostanziale discrepanza fra i dati oggettivi, sostanzialmente in linea con gli standard, e le sensazioni soggettive che, in particolar modo per gli addetti alle casse, evidenziavano 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 [23]. 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 3), 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 cassiere, 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. Le cassiere, nella stagione invernale, possono variare sensibilmente soltanto l'isolamento della parte superiore del corpo, impiegando giacche e gilet in cotone o in pile, o mediante maglie sotto la camicia, mentre nella parte inferiore del corpo possono intervenire solo con calzature più pesanti (stivaletti) o con collant di maggiore spessore, al limite con delle calzamaglie. Ciò si ribalta nella stagione estiva, quando sono gli addetti vendita ad avere un codice di abbigliamento più restrittivo, dovendo indossare comunque il camice. Ciò si riflette in un Icl estivo mediamente più alto per questa categoria di lavoratori.

Se si confrontano le correlazioni tra AMV e PMV per le due mansioni (Fig.4), si può notare come in entrambi i casi si abbia una correlazione statisticamente significativa ($p < 0.001$), più alta per gli addetti vendita che per le 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 termoigrometriche.

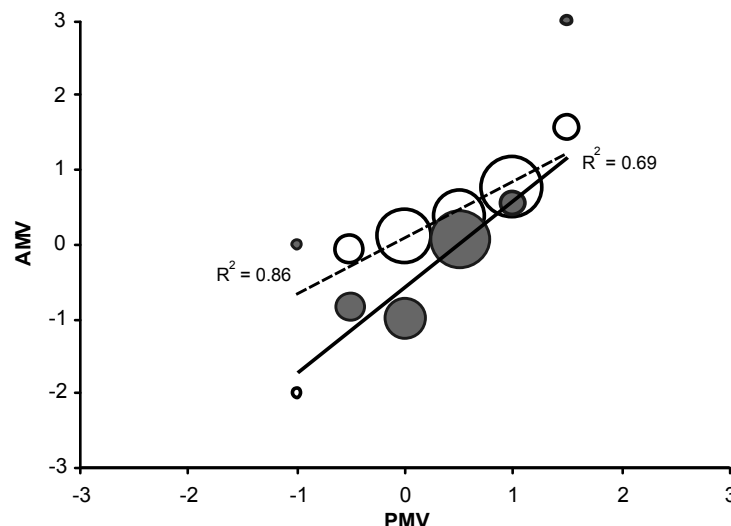


Figura4 Correlazione tra sensazione termica soggettiva (AMV) e sensazione termica prevista (PMV) per addetti vendita (○) e cassiere (●)

Per interpretare i voti di sensazione soggettiva all'interno dell'ipermercato per le due mansioni, a seconda della stagione, è stata studiata la distribuzione dei voti di sensazione termica attuale incrociandola con quella sul voto di sensazione termica desiderata. In particolare, per ottenere anche indicazioni su quanto “più caldo” o “più freddo” gli intervistati vorrebbero percepire il loro ambiente, si è impiegata nuovamente una scala ASHRAE modificata [37] utilizzando la differenza tra i voti di sensazione attuale e sensazione desiderata, espressi sulla scala ASHRAE. Nella nuova scala a voti negativi corrispondono sensazioni di maggiore freddo rispetto a quanto desiderato, mentre a voti positivi corrispondono sensazioni di maggiore caldo rispetto a quanto desiderato; un voto pari a zero indica che la sensazione provata è quella desiderata.

Come si può notare (Fig.5), le cassiere in inverno avvertono una sensazione di freddo nettamente superiore rispetto agli addetti vendita (con un voto medio di -1.62 contro -0.17). Nella stagione estiva, invece, desiderano una sensazione termica di maggiore fresco di circa un punto sulla scala ASHRAE rispetto a quanto effettivamente provato (voto medio di 1.19 contro 0.92). Considerando la deviazione standard dei voti, essa è circa uguale a due per le cassiere nella stagione invernale e, quindi, verosimilmente dovuta a cause non legate alle sole differenze interpersonali [8].

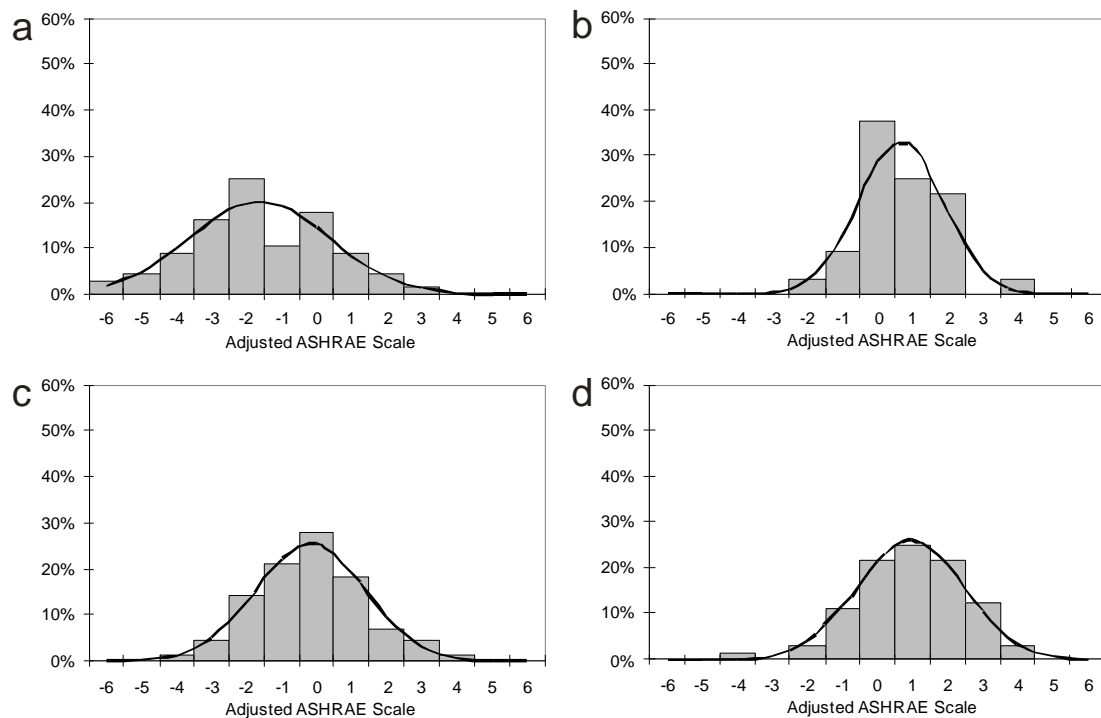


Figura 5. Distribuzione dei voti di sensazione termica sulla scala ASHRAE modificata (sensazione attuale – sensazione desiderata) per le cassiere nella stagione invernale (a) ed estiva (b) e per gli addetti vendita nella stagione invernale (c) ed estiva (d).

Tabella 4. Temperature operative ottimali calcolate a partire dall'indice PMV, dalla sensazione termica soggettiva e dalla scala ASHRAE modificata, per le cassiere e gli addetti vendita nella stagione invernale

Mansione	Temperatura Operativa [°C]		
	PMV	AMV	Scala ASHRAE adattata
Addetto vendita	16,5*	16.0*	18.3*
Addetto casse	17.7*	20.3*	21.9*

*correlazione statisticamente significativa ($p < 0.001$)

È a questo punto evidente che le due classi di lavoratori percepiscono l'ambiente in maniera differente. Ciò si riscontra anche considerando la temperatura di “neutralità”, calcolata correlando l'indice soggettivo AMV con la temperatura operativa e individuata come la temperatura cui corrisponde un voto sulla scala ASHRAE pari a zero. Ciò è stato fatto anche con l'indice analitico PMV, per individuare la temperatura operativa ottimale secondo gli indici analitici misurati strumentalmente.

Correlando invece la temperatura operativa con la scala ASHRAE modificata, è stata individuata una temperatura che è solitamente definita “di comfort”, corrispondente a un voto sulla scala ASHRAE modificata pari a zero. La temperatura “di comfort”, quindi, è la temperatura in corrispondenza della quale le sensazioni termiche soggettiva provate e desiderate coincidono. Confrontando le temperature operative individuate nella stagione invernale (Tabella 4), si può notare come ci siano delle differenze sensibili tra le temperature calcolate mediante indice analitico e quelle ricavate da indici soggettivi, in quanto queste ultime sono solitamente più elevate. Per le cassiere la temperatura di neutralità da AMV è di oltre due gradi superiore rispetto a quella da PMV, e la temperatura “di comfort” è invece oltre quattro gradi centigradi superiore. È evidente che il mantenimento di tali temperature sarebbe molto oneroso da raggiungere in termini energetici e chiaramente irrealizzabile in pratica. Infatti, alla barriera casse, sebbene la temperatura media rilevata, pari a 18.8°C, sia sufficiente a garantire condizioni di neutralità secondo l'indice analitico PMV, le temperature operative ottimali sul piano soggettivo non sono mai raggiunte nella stagione invernale. Per gli addetti vendita, sebbene la temperatura di comfort sia di circa due gradi superiore a quella determinata secondo l'indice PMV, il valore è comunque 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 [23], 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 ha evidenziato che l'unica asimmetria significativa rilevata nell'ambiente è quella verticale per soffitto caldo, conseguenza del fatto che le temperature del pavimento rilevate nell'area delle casse sono più basse rispetto alle temperature delle altre superfici, soprattutto nella stagione invernale quando si attestano mediamente sui 16.3°C. 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 percentuale di isolamento distribuita sugli arti inferiori (intesa come frazione di I_{cl} di pertinenza degli arti inferiori rispetto al totale) è risultata (Fig. 6) 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. Da queste osservazioni possono scaturire considerazioni di ordine pratico che saranno illustrate nella Sez. 4.

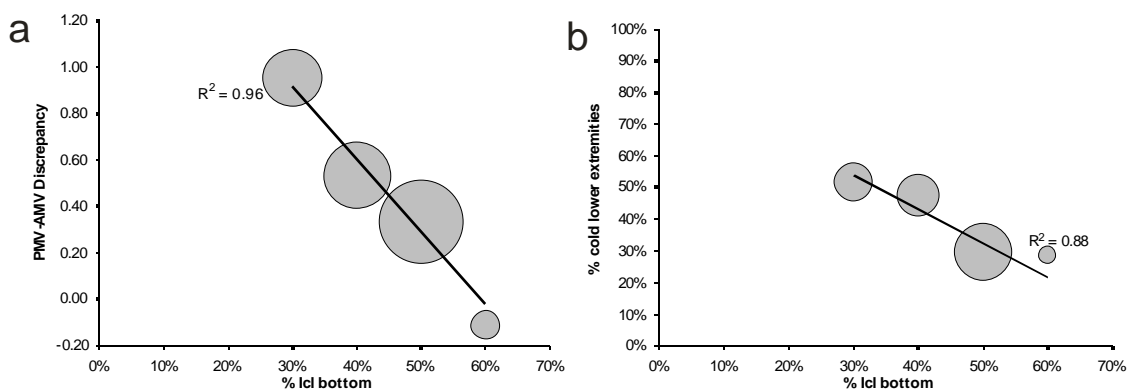


Figura 6. Correlazione tra la percentuale di isolamento dell'abbigliamento distribuita sugli arti inferiori con l'errore di previsione del PMV (a) e con la percentuale di insoddisfatti per freddo agli arti inferiori (b)

3.4 Benessere acustico

Le valutazioni sul benessere acustico sono partite dall'analisi delle differenti condizioni acustiche ambientali, identificando le principali sorgenti di rumore, successivamente con l'ausilio di metodi statistici come l'analisi fattoriale, 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. Infine, sono state individuate le caratteristiche acustiche degli ambienti che assicurano, per gruppi di lavoratori omogenei per mansioni, condizioni di soddisfazione acustica. Il comfort acustico soggettivo è stato valutato considerando i seguenti parametri soggettivi: intensità acustica percepita (API) e desiderata (ADI), soddisfazione acustica (ASAT), intelligibilità del parlato e altre cause probabili di disagio acustico, mentre gli indici acustici oggettivi utilizzati sono stati selezionati tra i numerosi indici presenti in letteratura. Il livello sonoro equivalente ponderato in scala A (L_{eqA}) è l'indice più diffuso, semplice da misurare, ben correlato con gli effetti psico-fisiologici del rumore sulle persone. Tuttavia data la complessità dello scenario sonoro e le sue dimensioni, l'utilizzo del L_{eqA} come unica grandezza oggettiva era risultato, nell'indagine preliminare [22], poco correlato con le percezioni soggettive dei lavoratori. Sono stati pertanto determinati numerosi altri indici, fra cui: il livello sonoro equivalente lineare (L_{eqlin}), i livelli statistici di pressione sonora ponderata A L_{A90} , L_{A10} e L_{A5} , il noise climate ($L_{A10}-L_{A90}$), il noise pollution level (LNP), i livelli soggettivi di intensità sonora secondo Zwicker (LL_Z) e Stevens (LL_S), i criteri di rumore NC, PNC, NR, RC, NCB e RC Mark II (RCII), il quality assessment index (QAI), l'office noise index (ONI), il combined noise index (CNI), i livelli LSIL e PSIL. Molti di essi, tuttavia, presentano significative analogie e risultano più o meno correlati. Pertanto, fra tutti i valori misurati è stata condotta un'analisi fattoriale [24] che ha consentito di individuare quattro sole famiglie di parametri indipendenti, per ciascuno dei quali è stato scelto come rappresentante il parametro più semplice da determinare. I quattro parametri selezionati sono: 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) determinato secondo il Rif. 3.

Sulla base delle risultanze strumentali, l'intero ipermercato è stato ripartito in quattro aree acusticamente omogenee, differenziate principalmente in base alle diverse sorgenti sonore presenti (Fig. 1). 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 $L_{A10} - L_{A90}$ è pari a circa 11 dB a causa del passaggio dei clienti con i carrelli della spesa di materiale metallico e dal vociare. 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 generano un rumore di fondo pari a circa 65 dB, e fluttuazioni più basse rispetto alle precedenti aree ($L_{A10} - L_{A90}$ pari a 8 dB). L'ultima area è quella delle casse dove coesistono numerose fonti di rumore come il passaggio di clienti con carrelli di materiale metallico o con i trolley in plastica, il rumore delle maniglie dei trolley che si chiudono velocemente, i beep dei lettori di codici a barre delle casse, la musica di sottofondo, il vocio, 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 galleria, come la musica di sottofondo e i rumori delle attività commerciali del centro commerciale. Queste fonti determinano il più alto rumore di fondo (L_{A90} è circa pari a 66 dB) con picchi non molto più alti ($L_{A10} - L_{A90}$ è pari a circa 6 dB), a cui le cassiere sono esposte per un intero turno lavorativo.

Le valutazioni soggettive hanno confermato, per ciascuna area, il ruolo delle differenti cause di disturbo. Complessivamente la causa principale di disturbo è risultata essere la musica di sottofondo (24.6%), seguita dal passaggio dei transpallet (19%) e dal vociare (17.4%). Nelle diverse parti dell'ipermercato le percentuali cambiano ma restano sostanzialmente immutati i rapporti ad eccezione dei magazzini dove il passaggio dei transpallet diventa predominante.

Per tutto l'ipermercato e nelle quattro aree acusticamente omogenee sono state analizzate le correlazioni tra i quattro parametri oggettivi indipendenti e le risposte soggettive di intensità percepita API e soddisfazione acustica Asat. Seguendo la procedura illustrata in [13] per superare la forzatura della rappresentazione della percezione individuale mediante una scala a valori discreti, le risposte soggettive sono state raggruppate per intervalli di 1dB e mediando successivamente i risultati. Per dare maggiore significatività

alle medie sono stati trascurati i risultati basati su meno di cinque risposte. L'analisi statistica mostra che gli indici oggettivi selezionati sono sufficientemente correlati con le sensazioni acustiche soggettive di soddisfazione acustica e intensità percepita (Tabella 5). Dalle analisi è emerso che la soddisfazione acustica è meno correlata dell'intensità percepita rispetto alle caratteristiche oggettive dell'ambiente acustico, probabilmente per il fatto che l'intensità percepita è un aspetto più facile e intuitivo da valutare. Inoltre, non va trascurato che nelle diverse aree considerate i livelli sonori variano entro intervalli ristretti e ciò limita la possibilità di trarre informazioni interessanti tramite le analisi di regressione. In ogni caso, ove le correlazioni sono risultate statisticamente significative si è proceduto ad individuare per ciascuna area dei valori di "comfort", intesi come i valori limite degli indici in corrispondenza dei quali la soddisfazione assume il valore intermedio (Tabella 5).

Tabella 5. Sintesi delle correlazioni fra i diversi indici di rumore selezionati e le sensazioni soggettive di soddisfazione e intensità sonora percepita nell'insieme dei punti dell'ipermercato e nelle quattro aree omogenee. L_{comfort} rappresenta il valore derivato dalle rette di regressione a cui corrisponde un livello di soddisfazione intermedio. Livelli di significatività: * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$.

		Soddisfazione acustica (ASat)				Intensità percepita (API)		
		R^2		pendenza	L_{comfort}	R^2		pendenza
Ipermercato	L_{eqA}	0.45	***	-0.05	68.9	0.66	***	0.07
	L_{A90}	0.40	***	-0.03	63.8	0.52	***	0.04
	$L_{A10}-L_{A90}$	0.31	***	0.03	1.7	0.43	***	-0.04
	QAI	0.05	***	-0.02	37.9	0.05	***	0.02
Deposito	L_{eqA}	0.02	*	-0.01	-	0.11	***	0.04
	L_{A90}	0.14	***	-0.03	58.1	0.48	***	0.09
	$L_{A10}-L_{A90}$	0.06	***	0.02	-4.0	0.17	***	-0.04
	QAI	0.26	***	0.04	17.6	0.31	***	-0.06
Area di vendita silenziosa	L_{eqA}	0.42	***	-0.07	65.3	0.42	***	0.09
	L_{A90}	0.38	***	-0.08	58.3	0.33	***	0.08
	$L_{A10}-L_{A90}$	0.01	0.10	0.02	-	0.18	***	0.06
	QAI	0.13	***	-0.05	26.5	0.42	***	0.10
Area di vendita rumorosa	L_{eqA}	0.23	***	-0.06	68.8	0.61	***	0.12
	L_{A90}	0.12	***	-0.06	66.0	0.31	***	0.07
	$L_{A10}-L_{A90}$	0.01	0.15	-0.01	-	0.53	***	0.12
	QAI	0.00	0.87	0.00	-	0.36	***	0.06
Barriera casse	L_{eqA}	0.67	***	-0.17	66.9	0.62	***	0.15
	L_{A90}	0.71	***	-0.15	62.2	0.57	***	0.15
	$L_{A10}-L_{A90}$	0.47	***	0.10	5.7	0.69	***	-0.18
	QAI	0.66	***	-0.17	25.7	0.56	***	0.09

Nei magazzini il parametro più rilevante, anche considerando l'intensità percepita, è il rumore di fondo (L_{A90}) il cui valore di soglia è di poco più di 58 dB, corrispondente in pratica con il livello sonoro della musica diffusa nell'ambiente. Non a caso la risposta soggettiva degli operatori è di sostanziale indifferenza alle modeste variazioni di livello. Nell'area vendita silenziosa il parametro meglio correlato con entrambi i parametri soggettivi è il livello equivalente L_{eqA} , per il quale il valore di comfort risulta pari a 65 dB. Nell'area vendita "rumorosa" il parametro meglio correlato è ancora L_{eqA} , con un valore di comfort di 3 dB più elevato rispetto al caso precedente, con una tolleranza maggiore probabilmente scaturita dalla consapevolezza di partecipare alla produzione dei livelli sonori più elevati. Alla barriera casse le soglie di tollerabilità si abbassano rispetto all'area vendita rumorosa. Infatti il L_{eqA} limite è di 67 dB, mentre per il livello del rumore di fondo il valore di comfort è di poco più di 62 dB. Prevalgono in quest'area condizioni di grande variabilità sonora e questo spiega perché i valori di comfort per L_{A90} sono più bassi, segno anche della maggiore sensibilità ai rumori in conseguenza del maggior livello di attenzione richiesto dalla mansione.

L'analisi del comfort acustico nell'ipermercato è stata completata con l'esame dei valori di intelligibilità del parlato, aspetto che, nelle attività in cui la comprensione dei messaggi verbali risulta rilevante, può essere indice di potenziali problemi e fonte di insoddisfazione acustica. Nei luoghi di lavoro la comunicazione assume un'importanza fondamentale sia per gli aspetti lavorativi sia per quelli legati alla sicurezza, infatti la comunicazione è legata alla comprensibilità dei messaggi tra i lavoratori, alla capacità di ascoltare un segnale di pericolo o un avviso sonoro di un macchinario. Inoltre la comprensione del parlato rende il lavoratore partecipe delle attività che si svolgono nell'ambiente lavorativo senza sentirsi "isolato". Negli ipermercati si svolgono tipicamente attività di tipo cognitivo e relazionale nelle quali i lavoratori ricevono, elaborano, producono e scambiano frequentemente informazioni principalmente attraverso la voce parlata. Infatti, non a caso, 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 (Tab. 6).

Da quanto visto in precedenza i livelli di esposizione sonora rilevati in questo tipo di ambienti non sono di entità tale da causare danni all'apparato uditivo, ma possono contribuire all'insorgenza di fenomeni di disturbo (annoyance) e di disagio, che

potrebbero indurre a fatica ed essere causa di distrazioni e di errori nello svolgimento dell'attività lavorativa. In particolare, lo svolgimento di mansioni che richiedono interazioni interpersonali dovrebbe avvenire in condizioni tali da favorire l'intelligibilità del parlato, tanto per i lavoratori quanto per i clienti. Lo Speech Transmission Index (STI), definito dalla norma IEC 60268-16[28], 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). Come mostrato in Tab. 6 il parametro assume valori che sono inversamente proporzionali ai livelli di rumorosità, sebbene intervengano anche altri fattori, come la distanza fra la sorgente e l'ascoltatore. Come si può notare, l'elevato numero di lamentele 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.

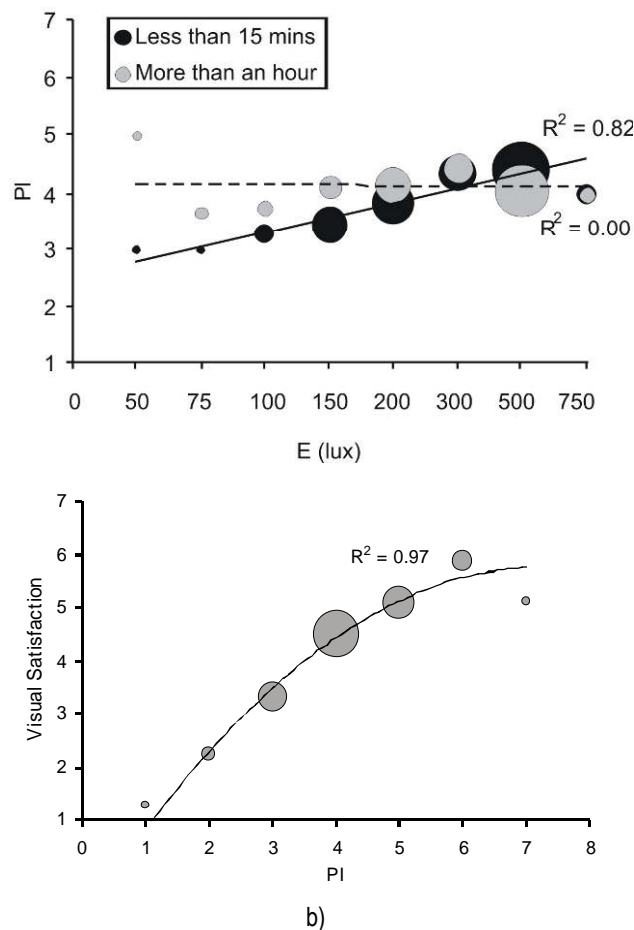
Tabella 6. Percentuale di lavoratori che ha espresso nel questionario di avere difficoltà nella comprensione dei messaggi verbali

Area acustica omogenea	Sub-area	% difficoltà nella comprensione di messaggi verbali	STI
Magazzini		22	0.59
Area vendita silenziosa		21	0.54
Area vendita rumorosa	Laboratori		0.37
	Banchi vendita	18	0.37
	Altre aree		0.47
Casse		38	0.40

3.5 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 nelle percezioni soggettive di illuminamento percepito 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 (Fig. 7a). 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 (Fig. 7b). 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. L'esiguo numero di risposte fornite in condizioni estreme contribuisce a spiegare la scarsa variabilità riscontrata nelle correlazioni con l'illuminamento.



a)

b)

Figura 7. a) Relazione tra E e PI considerando tempo di permanenza. b) Correlazione tra Visual satisfaction e illuminamento percepito

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 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 indiretto illustrato in [30], basato sull'impiego di una fotocamera digitale, opportunamente calibrata da cui, tramite un'interfaccia sviluppata in Matlab, è stato possibile ricavare informazioni non solo qualitative, ma anche quantitative sulle immagini raccolte. In particolare, combinando più immagini acquisite con diversi tempi di esposizione e mantenendo costante l'apertura del diaframma, è stato possibile ampliare la gamma dinamica delle luminanze, ottenendo immagini in cui non esistono zone sotto esposte o sovraesposte. Inoltre, ogni immagine così ottenuta è stata poi 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 (Tab. 7).

Tabella 7. Distribuzioni percentuali dei valori di luminanza rilevati in alcuni degli ambienti esaminati

	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

Nel reparto macelleria, nelle postazioni di taglio a mano (Fig. 8), non appaiono fenomeni significativi di abbagliamento ad esclusione di piccole superfici riflettenti che normalmente risultano al di fuori del campo visivo proprio delle lavorazioni, ma che potrebbero rientrarvi solamente se il lavoratore sollevasse il capo verso l'alto. Nelle stesse condizioni potrebbero entrare nel campo visivo anche riflessi su pilastri attrezzati

metallici e luce diretta proveniente da faretti, tuttavia è poco probabile che possano costituire un problema.

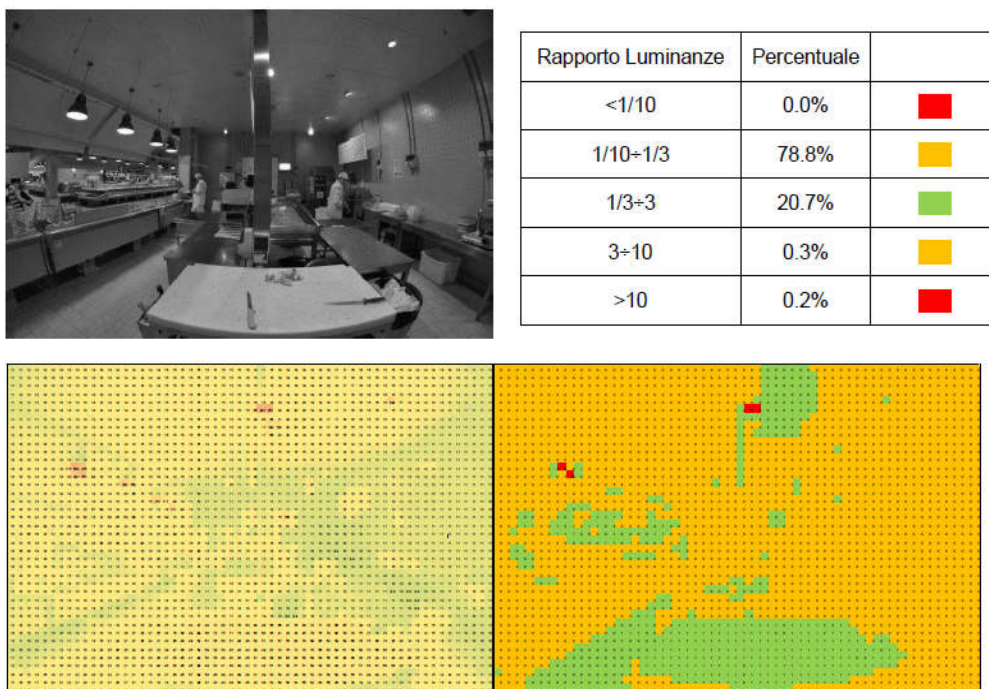


Figura 8. Distribuzione dei rapporti di luminanza nella postazione di taglio a mano del reparto macelleria. Il banco servito della pizzeria (Fig. 9) è illuminato da lampade a sospensione molto basse. Sebbene l'area del compito visivo e quella immediatamente adiacente presentino distribuzioni di luminanza ben equilibrate, queste lampade potrebbero essere causa di abbagliamento se l'operatore dovesse sollevare lo sguardo dal compito visivo, cosa che può accadere abbastanza frequentemente per la necessità di guardare in direzione dell'interlocutore, posto frontalmente. La stessa problematica si riscontra nella zona di farcitura dei prodotti in cui le lampade danno luogo a fenomeni di riflessione sulle attrezzature e sugli arredi in acciaio.

In farmacia, il compito visivo principale riguarda l'utilizzo dei videotermini e l'assistenza al cliente. Considerando la tastiera come area del compito visivo, i rapporti di luminanza sembrerebbero individuare solo marginali situazioni di abbagliamento dovute alle lampade a soffitto. Questo fenomeno è dovuto sia alle lampade in posizione zenitale rispetto alla posizione del lavoratore, sia a causa delle lampade poste in lontananza lungo la corsia. Ciò è dovuto a una schermatura dei corpi illuminanti realizzata in senso longitudinale rispetto alla posizione dell'operatore.

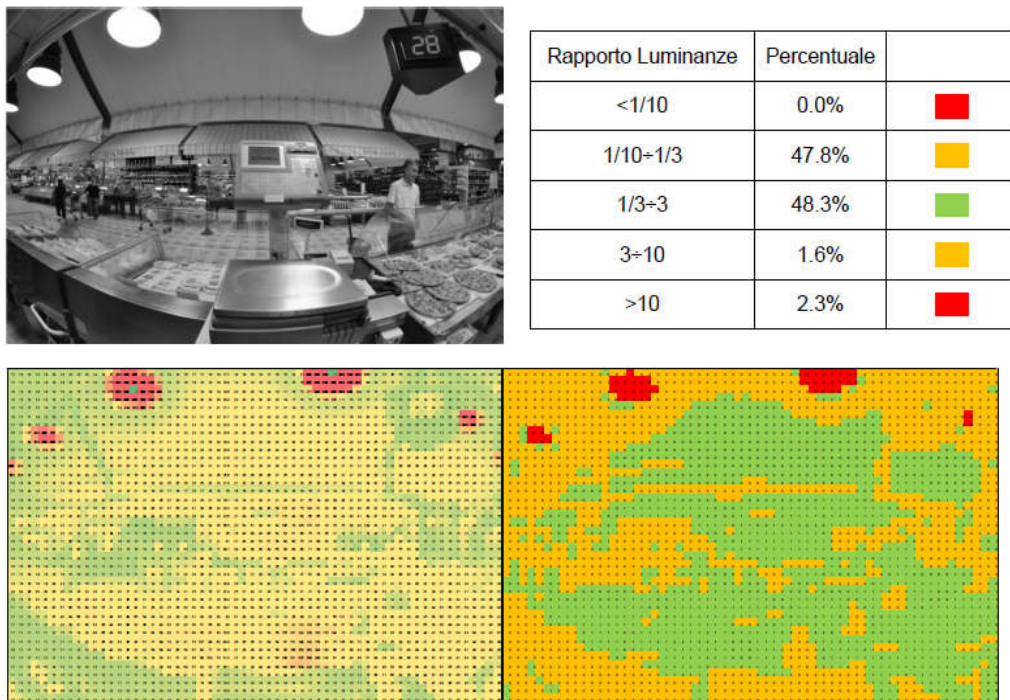


Figura 9. Distribuzione dei rapporti di luminanza nella postazione di vendita della pizzeria

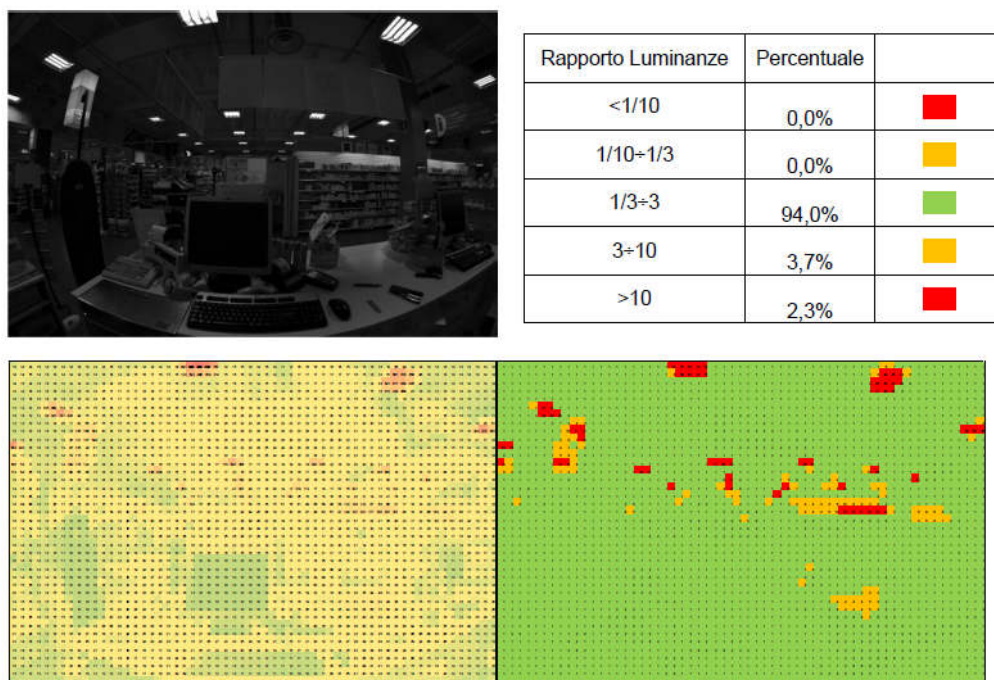


Figura 10. Distribuzione dei rapporti di luminanza nella postazione videoterminale del reparto farmacia

Le casse rappresentano l'ambiente più delicato dal punto di vista del comfort visivo, sia per la mansione specifica sia 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.

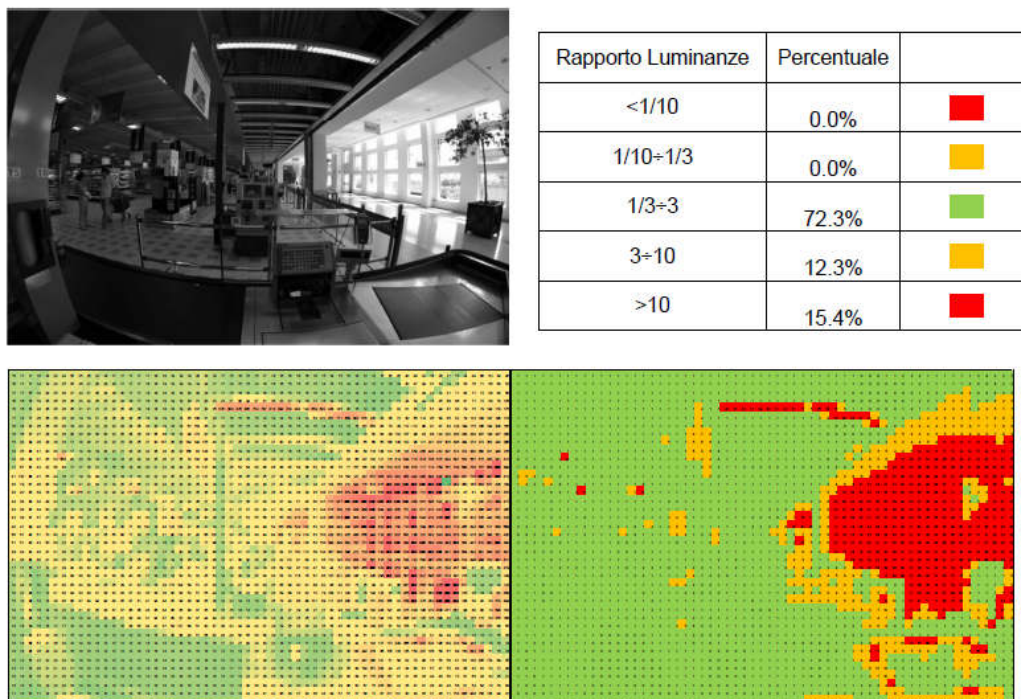


Figura 11. Distribuzione dei rapporti di luminanza in una delle postazioni della barriera casse (Cassa 15, ore 15.00)

Le condizioni peggiorano in corrispondenza delle casse più vicine alla parete finestrata. In corrispondenza di tali postazioni, nelle ore pomeridiane si arriva anche a una percentuale di superficie abbagliante pari al 15% del totale, con gran parte di questa che rientra nel compito visivo.

Nella barriera casse, la postazione “Spesa e via” rappresenta un caso a sé stante in quanto disposto in maniera diversa rispetto alle altre casse. L’operatrice durante la sua mansione principale volge le spalle alla superficie finestrata e dirige lo sguardo verso le corsie dell’ipermercato. Dalla verifica dei rapporti di luminanza non emergono situazioni particolari nell’area del compito visivo ma, in particolare nelle ore pomeridiane, è evidente una situazione di potenziale affaticamento a causa delle superfici sullo sfondo che risultano essere troppo scure in rapporto all’area-target, probabilmente perché quest’ultima è molto illuminata proprio a causa delle ampie aperture alle spalle.

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.

3.6 Il comfort globale

L’analisi delle correlazioni fra i singoli aspetti che contribuiscono al comfort (benessere termico, acustico e visivo, qualità dell’aria e presenza di discomfort termico localizzato), valutati mediante le rispettive scale di soddisfazione (TSat, ASat, VSat, IAQSat), e mediante la somma delle lamentele relative ai discomfort termici locali, e il giudizio complessivo formulato dai lavoratori (GSat) è stata condotta [25] ricorrendo a diverse tecniche statistiche, fra cui l’analisi fattoriale regressione lineare multipla e, inoltre, mediante impiego di modelli non lineari in uso in campo economico, come il modello di Kano [38].

L’analisi fattoriale ha mostrato che la popolazione dei lavoratori intervistati può essere suddivisa in tre gruppi omogenei. Il primo include i soggetti soddisfatti che hanno un’attitudine più equilibrata rispetto a tutti i diversi attributi ambientali, mentre gli altri due includono soggetti insoddisfatti. In un caso questi risultano avere una maggiore sensibilità verso gli attributi visivi e acustici, mentre nell’altro essi hanno mostrato una maggiore sensibilità verso il benessere termico e il discomfort termico localizzato in particolare. L’analisi statistica ha escluso che tali differenze possano attribuirsi alla mansione svolta o alla postazione di lavoro, pertanto sono da ritenersi dovute alle differenze individuali.

Tabella 8. Sintesi dei coefficienti di regressione risultanti dalla regressione multipla lineare applicate all'intero campione e ad alcuni sottoinsiemi omogenei. Il livello di significatività statistica è indicato dagli asterischi: *** = $p < 0.005$; ** = $p \leq 0.05$; * = $p > 0.05$.

	Costante	TSat	LocDis	ASat	VSat	IAQSat	R ²
Intero	0.339	0.311***	-0.243***	0.151***	0.324***	0.176***	0.691
Intero 4par. ¹	-0.208	0.387***	Rimossa	0.161***	0.311***	0.203***	0.662
Soddisfatti	2.059	0.220***	-0.212***	0.171***	0.225***	n.a.	0.422
Insoddisfatti	0.109	0.215***	-0.157***	n.a.	0.190***	0.135***	0.468
Localmente sodd.	0.202	0.273***	Non incl.	0.188***	0.380***	0.145**	0.669
Localmente ins.	-0.213	0.401***	Non incl.	0.112*	0.253***	0.270***	0.582
Cassiere	0.0506	0.330**	-0.240*	n.a.	0.470***	0.250*	0.626

¹ Elaborazione riferita all'intero campione escludendo il discomfort termico localizzato dall'analisi

L'analisi condotta mediante regressione lineare multipla ha consentito di definire il peso relativo dei diversi attributi, collocando il benessere visivo e quello termico appaiati al primo posto, seguiti dal discomfort locale e, con un peso pari a circa la metà dei primi, dal benessere acustico e dalla qualità dell'aria (Tab. 8).

Tuttavia l'applicazione del modello non lineare di Kano ha messo in evidenza alcune differenze rilevanti fra i diversi attributi. Infatti, mentre il precedente modello lineare presuppone che un giudizio negativo su un aspetto possa essere compensato da un giudizio positivo su un altro, il modello di Kano distingue più chiaramente fra attributi “Basici” (ovvero quelli che danno luogo ad un giudizio negativo solo quando sono deficitari, ma nelle altre condizioni non determinano un significativo incremento nella valutazione), quelli “Bonus” (che danno luogo ad un giudizio positivo quando i valori sono ottimali ma che, per contro, non danno luogo a valutazioni negative in caso contrario), e quelli “Proporzionali” (che possono influire sia positivamente, sia negativamente sul giudizio complessivo). Dall'analisi condotta è scaturito che la soddisfazione per gli aspetti termici e visivi ha un comportamento proporzionale, ed ha anche il massimo impatto sulla soddisfazione globale. Ciò potrebbe anche, in parte, dipendere dalla significativa escursione osservata nei rispettivi parametri ambientali e dalla enfattizzazione delle differenze derivante dal movimento fra reparti con differenti condizioni ambientali. Il discomfort termico localizzato e la qualità dell'aria sono stati identificati come fattori “Basici”, con il primo che è risultato avere il secondo maggiore impatto, in valore assoluto, sul giudizio globale, mentre la IAQ è quella meno influente (probabilmente a causa delle modeste variazioni osservate nei parametri oggettivi caratterizzanti, durante il normale orario di funzionamento). La maggiore importanza del

discomfort termico locale viene invece a dipendere da una molteplicità di fattori, che coinvolgono i parametri ambientali, il codice di abbigliamento e la sensibilità individuale. In conseguenza di ciò, le cassiere sono risultate il gruppo maggiormente sensibile verso problematiche legate al discomfort termico localizzato. Risulta importante evidenziare che la classificazione degli attributi del comfort secondo il metodo di Kano permette di focalizzare maggiormente l'attenzione su quegli aspetti "Basici" relativamente ai quali è importante garantire il soddisfacimento dei requisiti minimi di comfort, mentre ogni sforzo di incrementare la soddisfazione oltre i valori di neutralità risulta essere, di fatto, sprecato. Al contrario la soddisfazione acustica, identificata come fattore "Bonus", necessita di valori di soddisfazione superiori al livello di neutralità per poter apportare un contributo positivo al benessere globale percepito. Ciò si può spiegare tenendo conto che l'elevato numero di sorgenti sonore presenti negli ipermercati può facilmente portare i lavoratori a sviluppare una sorta di indifferenza verso livelli di rumorosità anche elevati. Tuttavia, non appena le condizioni migliorano, ciò viene riconosciuto e dà luogo ad un incremento del benessere globale. Pertanto l'impiego di soluzioni atte a limitare il livello sonoro può convenientemente portare a significativi miglioramenti in termini di valutazione globale.

Infine, dall'analisi condotta è emersa l'importanza di poter quantificare in maniera distinta il benessere termico globale e quello localizzato, dal momento che l'inclusione di quest'ultimo aspetto (solo in parte correlato al dato globale) ha contribuito a spiegare una varianza maggiore.

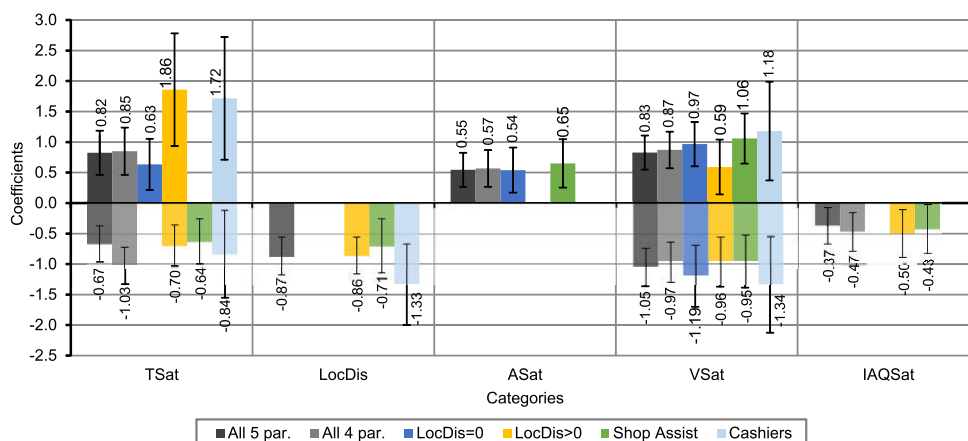


Figura 11. Impatto dei diversi attributi sul comfort globale secondo il modello di Kano, per diversi sotto insiemi omogenei del campione di dati. Gli attributi che hanno coefficienti positivi e negativi sono "proporzionali", quelli che hanno coefficienti solo negativi sono "Basici", quelli che hanno coefficienti positivi sono "Bonus". Le barre di errore rappresentano l'intervallo di confidenza dei coefficienti di regressione.

4. Discussione: elenco ragionato di "buone-pratiche"

A conclusione di questo studio, è stato 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 [26].

In nessun caso sono state evidenziate situazioni di rischio o patologiche, mentre sono emerse in diverse occasioni situazioni di discomfort che, a lungo andare, potrebbero incidere sulla salute generale dei lavoratori e sulle loro prestazioni lavorative. Tali situazioni sono risolubili 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:

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 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:

- 1) Coordinare l'emissione di musica di sottofondo fra ipermercato e galleria, differenziando soltanto gli annunci. Nell'eventualità in cui ciò non sia possibile, prevedere l'installazione di schermi fonoassorbenti (utili anche per risolvere il Problema 1).
- 2) 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).
- 3) Variare i segnali sonori che segnalano la lettura dei codici a barre in modo da interessare frequenze meno rilevanti per l'intelligibilità del parlato.
- 4) 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:

- 1) 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.
- 2) Applicazione di trattamenti fonoassorbenti 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:

- 1) Preferire l'orientamento delle superfici vetrate a nord in modo da evitare l'ingresso di radiazione solare diretta.
- 2) 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.
- 3) 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.

5. Conclusioni

I risultati di un progetto triennale finalizzato allo studio delle condizioni di comfort termico, acustico e visivo nei centri commerciali sono stati presentati sinteticamente 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 ridosso 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. Una serie di "buone pratiche"

sono state infine suggerite per ovviare agli inconvenienti riscontrati e garantire condizioni pienamente soddisfacenti a tutti i lavoratori.

Riconoscimenti

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. per aver fornito l'accesso alle strutture ed aver autorizzato il coinvolgimento del personale all'indagine.

Riferimenti bibliografici

1. Fanger P.O., Thermal comfort; Malabar, FL, USA: Robert E. Krieger Publishing; 1982.
2. Fanger, P.O. and Toftum, J.; Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates; *Energy and Buildings* 2002; 34: 533-536.
3. de Dear R.; Thermal comfort in practice; *Indoor Air* 2004; 14: 32-39.
4. Busch J.F.; Thermal responses to the Thai office environment; *ASHRAE Transactions* 1990: AT90-6-3: 859-872.
5. van Hoof J.; Forty years of Fanger's model of thermal comfort: comfort for all?; *Indoor Air* 2008; 18: 182-201
6. Becker R. Paciuk M.; Thermal comfort in residential buildings – Failure to predict by Standard model; *Building and Environment* 2009; 44: 948-960
7. Brager G.S., de Dear R.; Thermal adaptation in the built environment: a literature review; *Energy and Buildings* 1998; 27: 83-96.
8. Humphreys MA, Nicol JF. The validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in everyday thermal environments; *Energy and Building* 2002; 34: 667-684.
9. Fang L., Wyon D. P., Clausen G., Fanger P.O.; 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
10. Fang L., Clausen G., Fanger P.O.; Impact of temperature and humidity on the perception of indoor air quality; *Indoor Air* 1998; 8: 80-90.
11. Cavallo D.M., 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(4): 416-428

12. Hay B., Kemp M.F.; Measurements of noise in air conditioned, landscaped offices; *J. Sound Vib* 1972: 23(3): 363-373
13. Cirillo E., D'Alba M., Martellotta F.; Rumore e attività lavorativa negli uffici; *La Medicina del Lavoro*, 2006: 97(6): 749-761.
14. Kjellberg A., Landström U., Tesarz M., Söderberg L., Åkerlund E.; The effects of nonphysical noise characteristics, ongoing task and noise sensitivity on annoyance and distraction due to noise at work; *J. Environmental Psychology* 1996: 16: 123-136
15. Moore T., Carter D.J., Slater A.I.; User attitudes toward occupant controlled office lighting; *Lighting Research and Technology* 2002: 34(3): 207-216.
16. Ochoa C.E., Capeluto I.G.; Evaluating visual comfort and performance of three natural lighting systems for deep office buildings in highly luminous climates; *Build. Env.* 2006: 41:1128–1135
17. Chen B., Kang J.; Acoustic Comfort in Shopping Mall Atrium spaces: A Case Study in Sheffield Meadowhall; *Architectural Science Review* 2004: 47: 107-114
18. Li W.M., Lee S.C., Chan L.Y.; Indoor air quality at nine shopping malls in Hong Kong. *The Science of the Total Environment* 2001: 273: 27-40.
19. Wang D., Federspiel C.C., Arens E.; Correlation between temperature satisfaction and unsolicited complaint rates in commercial buildings; *Indoor Air* 2005: 15: 13–18
20. www.ispesl.it/profili_di_rischio/Supermercati/index.asp (ultima visita 03/09/2013)
21. Barbieri P.G.; Disturbi e patologie da sovraccarico biomeccanico degli arti superiori in un campione di 173 lavoratori addetti alle casse di supermercati; *Medicina del Lavoro* 2013: 104(3): 236-243
22. Della Crociata S., Martellotta F., Simone A.; A measurement procedure to assess indoor environment quality for hypermarket workers; *Build. Env.* 2012: 47: 288-299
23. Simone A., Della Crociata S., Martellotta F.; The influence of clothing distribution and local discomfort on the assessment of global thermal comfort; *Building and Environment* 2013: 59: 644-653
24. Della Crociata S., Simone A., Martellotta F.; Acoustic comfort evaluation for hypermarket workers; *Building and Environment*; 2013: 59: 369-378
25. Martellotta F., Simone A., Della Crociata S., D'Alba M.; Global comfort and indoor environment quality attributes for workers of a hypermarket in Southern Italy, *Building and Environment* 2015, DOI: 10.1016/j.buildenv.2015.09.029
26. Martellotta F., Della Crociata S., Simone A., Calderoni L., D'Alba M., Cervellati M., Papapietro M.; Comfort lavorativo negli ipermercati: dalla sperimentazione alle buone pratiche, *La Medicina del Lavoro* 2014 105(5):323-336

27. ISO. International standard 7726: Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities. International Standards Organization; 1998.
28. BS EN 60268-16:2011 - Sound system equipment, Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index; 2011
29. Kjellberg A., Landström U., Tesare M., Söderberg L., Åkerlund E.; 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: 123-36.
30. 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,.
31. ANSI/ASHRAE. Standard 55-2004: Thermal environmental conditions for human occupancy, American Society of Heating, Atlanta, Georgia: Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE); 2010.
32. HOPE: Health Optimisation Protocol for Energy-efficient Buildings, Pre-normative and socio-economic research to create healthy and energy efficient buildings, <http://hope.epfl.ch/>
33. ISO. International standard 10551: Ergonomics of the thermal environment – Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales. International Standards Organization; 1999.
34. Hwang R.L., Yang K.H., Chen C.P., Wang S.T.; Subjective responses and comfort reception in transitional spaces for guests versus staff; *Building and Environment* 2008; 43: 2013-2021.
35. 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.
36. 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.
37. Humphreys M.A., Hancock M.; Do people like to feel 'neutral'? Exploring the variation of the desired thermal sensation on the ASHRAE scale; *Energy and Buildings* 2007; 39: 867-874.
38. Kano N. Seraku N.; Takahashi F.; Tsuji S.I. Attractive quality and must be quality. *J Jpn Soc for Qual. Control*, 1984; 14(2):147-56.