

# L'INDICE DI VALUTAZIONE DELL'INDOOR AIR QUALITY COME INDICATORE DI SICUREZZA IN AMBIENTI LAVORATIVI CONFINATI, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO AL TERZIARIO AVANZATO

**Autori: F. Cumo\*, G. Caruso\*\*, L.Ferroni\*\*\*, E. Paladino\*\*\*\***

\* Dipartimento di Fisica Tecnica, Università di Roma "La Sapienza", via Eudossiana 18, 00184 Roma

\*\* Dipartimento INCE, Università di Roma "La Sapienza", P.zza San Pietro in Vincoli 10, 00184 Roma

\*\*\* Scuola di Specializzazione in Sicurezza e Protezione, DINCE, Corso Vittorio Emanuele 244, 00186 Roma

\*\*\*\* INPDAP, Consulenza Professionale Tecnica Edilizia, via Santa Croce in Gerusalemme 55, 00185 Roma.

## SOMMARIO

La problematica del controllo dell'IAQ (Indoor Air Quality) in ambienti lavorativi confinati, con particolare riferimento alle relative correlazioni con il comfort, la salute e la produttività degli occupanti è da alcuni anni oggetto di crescente attenzione nei paesi occidentali industrializzati, ovvero là dove si trascorre, mediamente, oltre il 90% del tempo all'interno di ambienti chiusi, di cui circa il 30% sul posto di lavoro, con la conseguenza che gli effetti dell'inquinamento *indoor* sull'individuo sono spesso predominanti rispetto a quelli dell'inquinamento *outdoor*.

La stessa OMS ha riconosciuto che l'inquinamento *indoor* costituisce un rischio ambientale di primissimo rilievo, le cui cause principali risiedono, da un lato, nella notevole quantità di sorgenti inquinanti presenti negli ambienti di vita e di lavoro, dall'altro nella riduzione dei tassi di ventilazione, legati generalmente a motivi di risparmio energetico.

In Italia le problematiche degli effetti correlati all'inquinamento indoor sono state sottovalutate a lungo, presumibilmente a causa sia delle difficoltà legate alla obiettiva classificazione delle patologie ad esso correlate, sia per la mancanza di strumenti accreditati per il controllo dell'IAQ.

E' pur vero che, anche a livello internazionale, il cospicuo impegno della ricerca volto all'individuazione di un indicatore globale di IAQ relazionabile al benessere ed alla salute dei lavoratori non è approdato, a tutt'oggi, a risultati definitivi; scopo del lavoro in oggetto è proprio quello di presentare il quadro delle attuali acquisizioni in questo particolare campo della ricerca, con particolare riferimento agli aspetti legati al terziario avanzato.

## 1. FATTORI CHE INFLUENZANO LA CONTAMINAZIONE INDOOR DI AMBIENTI LAVORATIVI DEL TERZIARIO AVANZATO

Con il termine inquinamento indoor si definisce la "presenza nell'aria di ambienti confinati di contaminanti fisici, chimici e biologici non presenti naturalmente nell'aria esterna di sistemi ecologici aperti di elevata qualità" (Ministero Ambiente, 1991). I prodotti della contaminazione possono appartenere, infatti, alla famiglia degli inquinanti chimici (ossidi di carbonio, ossidi di azoto, ossidi di zolfo, ozono, formaldeide, composti organici volatili (VOCs), anidride carbonica, solventi, materie piccole sospese nell'aria (RSPM) etc.), radioattivi (radiazioni ionizzanti da radionuclidi naturali es. radon, thorium etc.), fisici (fibre e polveri es. amianto, fibre di vetro etc.), biologici (microbi, batteri, virus, funghi, escreti, forfora, scaglie di cute, etc.). La presenza di tali contaminanti in ambienti lavorativi confinati non industriali può avere un'origine prevalentemente interna o esterna (catalogazione N.I.O.S.H 1994). D'altra parte si può osservare che la quantità e tipologia di quest'ultimi può essere correlata direttamente alla presenza di esseri viventi ed alle loro attività (es. biossido di carbonio, VOC, particolato etc); altri ancora sono emessi dai materiali utilizzati per la costruzione e la manutenzione, dalle strutture edilizie alle dotazioni impiantistiche, all'arredo (es. amianto, fibre minerali, radon, formaldeide etc.). Anche la particolare fase di vita degli ambienti riveste una notevole importanza nella caratterizzazione della qualità dell'aria interna; per locali ubicati in edifici di vecchia edificazione, per esempio, fattori di rischio specifici possono riguardare polveri e fibre originate dal degrado dei materiali e la presenza di umidità; per edifici nuovi o appena rinnovati, invece, fattori di rischio specifici sono le emissioni dovute a prodotti di finitura appena installati (vernici, pitture, adesivi, collanti) ad una eccessiva sigillatura degli infissi che rallenta la diluizione degli inquinanti.

Senza voler entrare nella specificità del singolo inquinante, si può genericamente affermare che i principali fattori che concorrono a determinare la concentrazione di un contaminante in ambienti chiusi sono: la relativa concentrazione nell'ambiente a causa di sorgenti indoor; la concentrazione presente nell'aria esterna; il numero di ricambi d'aria tra interno ed esterno (sia attraverso sistemi di ventilazione artificiale che attraverso la normale tenuta degli infissi); la velocità vento, che può influire variando le quantità d'aria scambiata, per ventilazione naturale, tra interno ed esterno; i parametri termoigrometrici interni (temperatura, umidità). E' stato infatti rilevato che l'IAQ subisce un netto peggioramento al crescere della temperatura e dell'umidità

relativa ambiente; per quanto riguarda l'umidità relativa, è stato dimostrato che un suo incremento oltre i valori di comfort (50%=70%) fornisce terreno fertile per lo sviluppo di agenti patogeni di origine biologica (che vivono e si moltiplicano sui rivestimenti, sulle suppellettili, sulle superfici di impianti di distribuzione dell'aria nonché all'interno dell'acqua stagnante degli impianti di condizionamento) quali microrganismi, batteri come la legionella pneumophila, e ancora acari e sostanze allergene. Un caso a parte è invece rappresentato dagli agenti patogeni infettivi: questi, al crescere dell'umidità relativa, tendono ad assumere diametro e peso maggiori, quindi, precipitando in minor tempo, vedono ridursi sensibilmente la possibilità di trasmissione per via respiratoria.

La temperatura ambiente e l'umidità relativa influenzano anche la concentrazione di alcuni agenti inquinanti di origine chimica: ad esempio, la formaldeide raddoppia la sua concentrazione in aria all'aumento dell'umidità relativa dal 30% al 70% o all'innalzamento della temperatura da 14° a 35°C.

## **2. IL CASO SBS (Sick Building Syndrome) NEGLI AMBIENTI DI LAVORO DEL TERZIARIO AVANZATO**

### **2.1 Quadro sintetico sulle correlazioni tra SBS e IAQ**

I rischi per la salute legati alla contaminazione dell'aria indoor dipendono sia dalla concentrazione degli inquinanti nell'aria ambiente, sia dall'esposizione personale e dalla sensibilità di ogni singolo individuo a quest'ultimi. E' stato infatti riscontrato che la risposta degli individui ad una stessa esposizione di un determinato inquinante può variare in relazione ad una serie di condizioni individuali e di suscettibilità (presenza di stati di stress, particolari pressioni lavorative, discomfort di origine stagionale); l'intensità della risposta dell'organismo all'effetto irritante dipende, inoltre, da parametri microclimatici quali temperatura ed umidità.

Nella classificazione degli effetti sulla salute umana derivanti dall'esposizione agli inquinanti indoor sono stati osservati effetti respiratori, effetti genotossici, effetti irritativi su cute e mucose, effetti sul sistema nervoso, effetti cardiovascolari, effetti sistemici (fegato, sistema gastrointestinale, rene e sistema riproduttivo), infezioni e tossicosi da agenti biologici, effetti riconducibili a reazioni acute fisiologiche, sensoriali e psicosociali.

Tra questi effetti particolarmente frequenti sono quelli irritativi e neurosensoriali che determinano condizioni di malessere, diminuzione del comfort degli occupanti e percezione negativa della qualità dell'aria.

Negli ambienti di lavoro terziari, particolarmente quando ubicati in grandi complessi con controllo centralizzato delle condizioni ambientali, sono stati riscontrati una serie di disturbi fisici, psicofisici e sensoriali riconosciuti ufficialmente dall'Organizzazione Mondiale della Sanità come vere e proprie malattie. Citiamo: il gruppo di malattie *building-related* (BRI), malattie relazionate all'edificio, con eziologia nota quali la legionella, la febbre di Pontiac, etc; la *Multy Chemical Sensitivity* (sensibilità chimica multipla, MCS), che comprende sindromi nelle quali gli individui mostrano sensibilità ad una varietà di prodotti chimici aerodispersi anche se in concentrazioni molto basse, generalmente tollerate dalla maggioranza dei soggetti; la così detta *Sick Building Syndrome* (SBS), ovvero sindrome da edificio malato, termine che identifica un insieme di sintomi complessi e non rapportabili direttamente a malattie professionali specifiche.

Tra le suddette patologie, la SBS è quella più preoccupante; per avere un'idea di quanto sia vasto il problema, basti dire che un apposito comitato dell'Organizzazione Mondiale della Sanità ha stimato nel 30% del totale la percentuale di edifici, di recente costruzione o ristrutturati, che presenta problemi legati alla Sindrome dell'Edificio Malato. Questa patologia può manifestarsi temporaneamente, specialmente nei primi mesi d'uso, quando l'emissione degli inquinanti è massima, ma in certi casi può diventare cronica ed accompagnare l'intera vita dello stabile.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità definisce la SBS come una reazione al microclima che colpisce la maggior parte degli occupanti, in alcuni casi il 50-60% della popolazione dell'edificio, non correlabile ad una causa evidente quale, ad esempio, un'eccessiva esposizione ad un singolo agente o un malfunzionamento del sistema di ventilazione. In Italia il termine "Sick Building Syndrome" venne utilizzato in una relazione della Commissione Nazionale per l'inquinamento degli ambienti confinati del 1991 per definire "un edificio malato nel quale le persone che vi soggiornano lamentano patologie che possono essere messe in relazione con l'inalazione dell'aria in esso contenuta".

L'SBS è caratterizzata da un quadro sintomatologico stereotipato, aspecifico, di eziologia incerta e multifattoriale, ma verosimilmente correlato alla presenza contemporanea, anche se in basse concentrazioni, di più sostanze inquinanti, senza rapporto causale con l'esposizione ad agenti singoli. Questa sindrome è causa di fastidiosi disturbi che alterano sia il comfort, con effetti lievi sia diffusi che specifici, sia il benessere

fisico e psichico del lavoratore, riducendone anche le performance professionali<sup>1</sup>. Tali sintomi recedono all'allontanarsi dall'edificio e si presentano solo con il ritorno al lavoro.

Gli studi epidemiologici fino ad oggi condotti rilevano che il fenomeno interessa maggiormente i lavoratori di uffici ventilati artificialmente e coloro che operano in ambienti a temperature superiori rispetto agli standard; che sembra esserci una relazione tra l'entità dei sintomi, il grado di discomfort ed il livello di insoddisfazione o soddisfazione tratta dal lavoro; che le donne sono più colpite rispetto agli uomini.

Studi sulle cause della manifestazione dell'SBS sono stati condotti sin dai primi anni '90.

Ricerche del NIOSH condotte nella prima metà degli anni '90 hanno rilevato che circa il 60% dei casi di SBS presentava origine indefinita, e poiché l'inadeguata ventilazione veniva considerata come causa del tutto aspecifica, un'alta percentuale di casi di SBS poteva essere credibilmente correlata a quest'ultima. Questa ipotesi è stata ultimamente sostenuta anche dal gruppo multidisciplinare europeo EUROVEN (formato da ingegneri, medici, epidemiologi, tossicologi), nell'ambito del lavoro di revisione della letteratura scientifica inerente gli effetti della ventilazione sulla salute, sul comfort e sulla produttività, in ambiente non industriale. I ricercatori EUROVEN hanno concordato nel sostenere che esiste una stretta associazione tra ventilazione e benessere, riscontrabile dall'evidenza che l'aumento della portata d'aria esterna incrementa la percezione della qualità dell'aria, mentre un apporto d'aria esterna inferiore a 25 l/s per persona accresce il rischio di SBS e conduce in breve tempo ad un incremento dei congedi per malattia ed ad una diminuzione della produttività tra gli occupanti. E' stato infine osservato, sempre in ambito EUROVEN, un incremento del rischio SBS negli edifici con sistemi di condizionamento dell'aria se rispetto a quelli dotati di sola ventilazione meccanica o naturale ciò, forse, anche a causa di errori progettuali ma certamente a causa di carenze nell'esercizio e nella manutenzione degli impianti di condizionamento.

Nel 1999, studi condotti da P.Wargocki et al. hanno indagato, accertandole, le correlazioni tra sintomi da SBS e presenza in ambiente di TVOC; recentemente W. Fisk et al., con l'ausilio dei dati della ricerca EPA BASE, hanno studiato i rapporti causa-effetto tra CO<sub>2</sub> e i sintomi da SBS, in 41 edifici ad uso uffici, con riferimento ad irritazioni delle vie respiratorie di mucose e membrane<sup>2</sup>.

Più recentemente, durante il 7° congresso REHVA, tenutosi a Napoli nel settembre 2001, sono state riportate altre significative esperienze di indagini condotte in edifici ad uso ufficio. Tra queste ricordiamo la ricerca condotta dal Royal Institute of Technology di Stoccolma che, per l'acquisizione di informazioni e dati su gruppi di lavoratori colpiti da SBS, ha utilizzato sia metodi tradizionali (questionari) che software di simulazione della dinamica dei flussi di aria all'interno degli edifici.. In esito alle indagini svolte nei casi studio, fu riscontrato una generalizzata sufficienza degli apporti d'aria negli ambienti, mentre erano risultate generalmente inadeguate, nei vari impianti, sia le temperatura di immissione dell'aria (troppo alta) sia lo schema di distribuzione delle portate in ambiente. Dall'esame delle risposte ai questionari è stato anche possibile analizzare le relazioni tra i diversi fattori ambientali e i sintomi di disagio, così come percepiti dagli utenti che manifestavano sintomi da SBS. I risultati emersi da tale analisi potrebbero sembrare, per certi aspetti, singolari: si pensi, per esempio, che tra i parametri ambientali associati al discomfort, risultava al 3° posto il rumore da ventilazione<sup>3</sup> e solo al 6° la qualità dell'aria interna! In realtà, la correlazione tra SBS e inquinamento sonoro da infrasuoni era già nota da anni agli studiosi; infatti, in precedenti studi condotti sin dagli anni '80 da vari autori<sup>4</sup>, era stato dimostrato che l'esposizione a infrasuoni in ambienti ad uso ufficio causava, in molti soggetti, riduzione di concentrazione, incremento dell'irrequietezza e della stanchezza, l'insorgere di cefalee, tutti sintomi che caratterizzano l'SBS<sup>5</sup>.

---

<sup>1</sup> Nello specifico si tratta di reazioni di tipo acuto fisiologico-sensoriali quali irritazioni delle mucose, cefalee, reazioni nervose riflesse, percezione di odori sgradevoli; reazioni aspecifiche di tipo asmatico o allergico; reazioni psicosociali come riduzione della produttività, assenteismo, ridotta capacità di concentrazione e di capacità lavorativa; modificazioni subacute della sensibilità agli agenti ambientali con prevalenza di irritazioni oculari e delle prime vie respiratorie, modesta frequenza di sintomi sistemici.

<sup>2</sup> In questa occasione è stata determinata la relazione dose-risposta in base alla quantificazione della variazione del rapporto tra quantità CO<sub>2</sub> in ambiente e i sintomi SBS (dCO<sub>2</sub>/SBS sintomi). Nello specifico, con un incremento di 100 ppm del dCO<sub>2</sub> (valore medio interno di un giorno lavorativo meno il valore medio esterno) il rapporto subiva un incremento da 1.2 a 1.5, soprattutto a causa dell'acuirsi dei sintomi alle vie respiratorie primarie.

<sup>3</sup> E' stato dimostrato che il rumore che creava maggior disturbo era principalmente costituito da basse frequenze, con livelli di pressione sonora di circa 70-90 dB, sicuramente associate a gruppi ventilanti operanti in regimi di marcia non ottimali (in tali condizioni, i ventilatori possono produrre rumori a basse frequenze finanche nella regione degli infrasuoni, sotto i 20 Hz).

<sup>4</sup> Ising H; Burt T.S.(1996); Kröling P.(1998).

<sup>5</sup> Un ulteriore conferma di quanto detto emerge dall'analisi di alcune le ricerche, condotte circa 10 anni fa da un gruppo di ricercatori olandesi (Preller L. et al, 1990 - Zweers T. et al., 1992), sulla relazione tra lo stato aperto-chiuso degli infissi e la manifestazione, nei lavoratori, di sintomi imputabili all'SBS. Lo studio era stato condotto in Olanda su 61 edifici ad uso uffici, riscontrando, al di là di tutte le aspettative (si sottolinea che, in quegli anni, era condivisa l'opinione che le finestre apribili erano preferibili a quelle sigillate perché permettevano agli occupanti un maggiore controllo del microclima interno), che gli occupanti di ambienti con finestre sigillate lamentavano minor numero di malesseri rispetto

Tutto quanto sopra riportato, seppur attraverso informazioni necessariamente sommariamente, è stato fatto con lo scopo di evidenziare la complessità dei fenomeni e la grande mole dei parametri da investigare per poter giungere, speriamo in tempi non troppo lontani, alla definizione univoca di correlazioni quali-quantitative tra la qualità dell'aria degli ambienti indoor e le conseguenze sul comfort e la salute degli occupanti.

## 2.2 I costi sociali di una cattiva qualità dell'aria indoor

L'impatto sociale legato all'inquinamento dell'aria indoor può essere misurato non solo in termini sanitari, ma anche in termini di costi economici dovuti sia al costo sanitario stesso ma ad un più generalizzato calo della produttività legato direttamente al discomfort ambientale.

La maggiore morbosità nella popolazione causata dall'inquinamento indoor incide sulla collettività in termini di costi anche molto significativi. Negli Stati Uniti, durante gli anni '80 e '90, soprattutto per gli ambienti lavorativi industriali, furono incentivati studi mirati alla determinazione di tali costi; nel *Report to Congress on indoor air quality* del 1990 dell'EPA, per esempio, si riportavano importi pari a 10 miliardi di dollari/anno per i costi sostenuti, nel settore industriale, sia per il calo di produttività che per le malattie contratte per la scarsa qualità dell'aria interna. Nel 1998 Fisk et al. hanno stimato che, negli USA, il potenziale risparmio annuale ricavabile da una riduzione dei fenomeni allergici e di asma associati alla qualità dell'aria indoor poteva essere stimato compreso tra i 2 e i 4 miliardi di USD; mentre per la riduzione delle infezioni respiratorie, sempre associate alla qualità dell'aria indoor, si poteva prevedere un risparmio di 6÷14 miliardi di USD; per la riduzione dei casi di SBS il risparmio poteva raggiungere i 15÷38 miliardi di USD e, ancora, per l'incremento generale dell'efficienza lavorativa dovuta al riacquisito benessere psicofisico, si intravedeva un guadagno compreso tra i 20 e i 200 miliardi USD.

Seppänen, nel 1999, ha valutato il costo totale annuale di una cattiva qualità ambientale indoor nella sola Finlandia in 2.7 miliardi di Euro.

In Italia, soprattutto a causa della limitatezza dei dati disponibili, esistono ancora notevoli indeterminazioni inerenti valutazioni quantitative analoghe; a tal riguardo, infatti, la Commissione tecnico scientifica sull'inquinamento indoor del Ministero della Salute evidenzia la necessità di una più specifica informazione sui livelli di esposizione della popolazione all'inquinamento indoor, sui rischi individuali a questo associati, sul relativo costo dell'attività assistenziale sanitaria, sul valore economico da assegnare agli anni di vita perduti. La più recente valutazione quantitativa dell'impatto dell'inquinamento indoor sulla salute della popolazione, pubblicata alla fine del 2001 nelle *Linee Guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati*, indicava un importo variabile in un range di 277÷441 miliardi di vecchie lire/anno, comprendendo il solo costo sanitario legato a patologie scatenate da allergeni<sup>6</sup>, radon, fumo di tabacco, benzene, monossido di carbonio (tale importo è certamente riduttivo rispetto alla reale consistenza del fenomeno, in quanto sono stati considerati solo casi per i quali esisteva una adeguata evidenza scientifica sulla causalità dell'associazione).

Tutte le organizzazioni mondiali che si occupano di sanità e ambiente sono ormai concordi nel sostenere che, per gli indubbi vantaggi sulla salute e sulla produttività degli impiegati, il controllo dell'IAQ dovrebbe, a pieno titolo, far parte delle strategie di produzione, manutenzione e conservazione dell'energia in tutti gli ambienti produttivi. Purtroppo ancora oggi, seppure l'attenzione ai rapporti tra ambiente interno e produttività risale ai primi anni '90, i risultati raggiunti sono per lo più carenti e ciò, sicuramente, anche a causa della difficile definizione delle unità di misura dei parametri inerenti il benessere, la performance degli impianti e la produttività dei lavoratori.

## 3. STANDARD PER UNA QUALITÀ DELL'ARIA "ACCETTABILE"

Sul concetto di *qualità dell'aria accettabile*, si sono espresse numerose Organizzazioni internazionali, eppure la definizione comunemente accettata è ancora estremamente vaga: "una qualità dell'aria accettabile è quella per la quale una sostanziale maggioranza di persone (almeno l'80%) non esprime insoddisfazione e dove la concentrazione di contaminanti presenti è tale da non causare rischi per la salute" (ASHRAE 62/89). Questa definizione, del tutto simile a quella fornita nella norma UNI 10339, comprende sia criteri oggettivi (le concentrazioni dei potenziali inquinanti), sia soggettivi (il grado di soddisfazione delle persone), sostenendo implicitamente che, al di là del rischio sanitario, esiste anche un aspetto soggettivo, legato alla percezione olfattiva, che può rendere l'aria inaccettabile pur senza avere necessariamente implicazioni sullo

---

agli altri. La spiegazione a tale fenomeno fu data qualche anno dopo, quando fu ipotizzato che l'apertura delle finestre modificava l'ambiente interno causando, tra l'altro, un incremento dei rumori a bassa frequenza dovuti all'ingresso e all'uscita delle masse d'aria dalle finestre.

<sup>6</sup> Acari, muffe e forfore animali.

stato di salute. Inoltre, sembra opportuno rilevare che, in via sperimentale, non è stata riscontrata alcuna differenza apprezzabile tra un'acceptabilità immediata dell'aria indoor e quella conseguente ad una lunga esposizione, ciò ad indicare che non sono significativi i fenomeni di adattamento individuale.

Per quanto riguarda l'approccio normativo italiano ai problemi di comfort e di sicurezza degli ambienti di lavoro si fa oggi riferimento al dettato del decreto legislativo 626/94; in tale decreto le tematiche del corretto microclima negli ambienti lavorativi, con particolare riferimento alla qualità dell'aria e alla ventilazione, sono affrontati in modo molto marginale rimandando, per i contenuti prestazionali, alla normativa tecnica vigente la quale, essendo in alcuni casi anche molto abbondante e non sempre coordinata e coerente, non garantisce un riferimento univoco all'utente. D'altra parte le norme inerenti la ventilazione e l'Indoor Air Quality sono oggetto di continuo approfondimento e dibattito in tutto il mondo (ASHRAE, CEN, ISO, UNI), rimanendo le questioni intorno a tali argomenti complesse dal punto di vista della standardizzazione.

L'adozione di soluzioni tecniche specifiche per il raggiungimento di un determinato livello di IAQ sono, infatti, strettamente dipendenti dai modi di vita e dalle condizioni climatiche dei diversi Paesi; secondo una sempre più diffusa opinione scientifica, dunque, lo standard globale relativo all'IAQ ed alla ventilazione dovrebbe nascere da un approccio orientato alla definizione degli obiettivi, lasciando ai singoli Paesi la specificazione delle migliori tecniche per raggiungerli. In tale ottica gli standard ISO e CEN potrebbero costituire una struttura comune, articolata dai singoli Paesi con l'adozione di specifiche linee guida e normative.

### 3.1 Principali standard sulla ventilazione correlati all'indoor air quality

In letteratura internazionale, eccezion fatta per alcuni Regolamenti edilizi che richiedono aperture in misura pari a percentuali di superficie calpestabile (BS 5925), non si trova un vero e proprio distinguo tra standard per la ventilazione meccanica e quella naturale (ASHRAE 62 e CEN CR 1752); solo l'ASHRAE 62 richiede, per i ratei di ventilazione naturale, una dimostrazione del raggiungimento degli obiettivi prestazionali invitando, in caso negativo, a ricorrere alla ventilazione meccanica.

Anche durante i lavori del convegno Healthy Buildings 2000 è emerso un consenso unanime, per quanto riguardava gli standard di, sulla opportunità che quella naturale non sia trattata diversamente da quella meccanica, anche per non incorrere in un errore di semplificazione.

Attualmente, i principali standard sulla ventilazione che vengono utilizzati, di preferenza, per la progettazione di ambienti lavorativi del terziario avanzato, anche ai fini del controllo dell'IAQ, sono gli standard CEN, la norma UNI 10339, gli standard ASHRAE.

➤ Dal 1989 la Commissione Tecnica CEN / TC 156 (*ventilation for buildings*) lavora sulla formulazione di standard e la redazione di documenti di riferimento per prodotti e sistemi di ventilazione. Il progetto di norma che, più direttamente, affrontava le problematiche dell'IAQ è stato il prENV1752. I criteri furono pubblicati nel 1997 come CEN Technical Report CR 1752 e furono comunque oggetto di osservazioni sia per la mancanza di un catalogo completo dei carichi inquinanti olfattivi prodotti dai vari materiali, sia per l'ipotesi di semplice additività dei carichi inquinanti assunta nella norma, sia per dei dubbi sorti sull'affidabilità dei risultati.

Il CR 1752, sviluppato sulla ricerca del professore Ole Fanger e dei suoi colleghi danesi, contiene comunque interessanti proposte metodologiche per la progettazione del comfort ambientale con riferimento ai spazi confinati a destinazione d'uso diversa da quella residenziale, caratterizzati da presenza di cause di disturbo di tipo moderato, con esclusione quindi di ambienti industriali e, più in generale, di locali ad alta intensità di sorgenti inquinanti quali calore, di sostanze pericolose per la salute, rumore, ecc. Molti ricercatori europei concordano sulla necessità di lavorare ancora su questo standard al fine di pervenire alla definizione di uno standard globale sulla qualità dell'aria indoor.

➤ La norma volontaria UNI 10339, pubblicata nel 1995 col titolo "*Impianti aeraulici a fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine, la fornitura*", rappresenta, in Italia, il riferimento alla regola d'arte più aggiornato e completo in argomento. In tale norma si afferma il principio che l'impianto aeraulico deve assicurare adeguata qualità e movimento dell'aria, garantendo: un'immissione di aria esterna pari o maggiore del valore minimo caratteristico di ciascun tipo di destinazione d'uso in relazione al numero delle persone presenti, o alla superficie in pianta o al volume dell'ambiente; una filtrazione minima convenzionale dell'aria esterna e ricircolata tramite l'impiego di filtri di classe appropriata per ciascun tipo di locale, preceduti da filtri aventi efficienza nella categoria precedente; una movimentazione dell'aria, nel volume convenzionale occupato, con velocità controllate, comprese entro determinati limiti il cui rispetto garantisce da disagi microclimatici.

➤ Le norme redatte dall'ASHRAE nel campo della ventilazione e dell'IAQ hanno raggiunto grande rilievo in campo internazionale. Si contraddistinguono per una visione pragmatica ed organica dei problemi, caratterizzata da un approccio sia prescrittivo che prestazionale. Sono infatti due i metodi alternativi indicati per progettare un impianto di ventilazione che possa produrre, in relazione ai fattori che lo

condizionano, un'accettabile qualità dell'aria interna ovvero, in pratica, un efficiente controllo delle concentrazioni dei contaminanti interni: si tratta dei metodi dei *ricambi d'aria* e della *qualità dell'aria*. Nel primo vengono specificati i livelli minimi dei ricambi di aria esterna in funzione del numero di occupanti o della superficie del locale (le portate di ventilazione sono desunte da considerazioni di carattere fisiologico e da valutazioni basate sull'esperienza operativa); il secondo metodo, quello della *qualità dell'aria*, si basa sulla verifica della concentrazione in ambiente degli inquinanti e sul confronto di tali dati con i livelli massimi ammissibili nell'aria interna.

Lo standard principale per la ventilazione è, attualmente, il 62-89R nel quale, per la valutazione della ventilazione, si ricorre ad un compendio dei due metodi sopradetti, valutando i ricambi di aria attraverso due componenti, una proporzionale al numero degli occupanti ed una, proporzionale alla superficie dell'ambiente, che tiene opportunamente conto anche dell'effetto dell'inquinamento prodotto dai materiali edilizi, dagli arredi, dagli impianti. Il metodo di calcolo proposto è stato riportato integralmente nel nuovo Addendum alla norma, pubblicato nel giugno del 1999 (ASHRAE 62-99).

### 3.2 La ricerca di parametri indicativi di una buona IAQ.

Nuovi scenari sul comfort ambientale si sono aperti, nell'ultimo decennio, in merito sia allo studio di indici globali IAQ, sia alla definizione ed accettazione di livelli di *target* ambientali globali (IAQ e comfort termico).

A partire dai primi anni '90, grandi Enti ed Associazioni di settore hanno sviluppato ricerche per la definizione di livelli di *target* che non rappresentassero solo dei requisiti minimi, che peraltro potevano essere imposti da normative obbligatorie, ma soprattutto dei requisiti ottimali che dovevano, pertanto, essere accettati volontariamente.

Il primo tentativo di classificazione fu presentata dal FiSIAQ, Finnish Society of Indoor Air Quality and Climate, nel 1995 e fu revisionata nel febbraio 2001. I livelli di *target* ambientale individuati in questo lavoro sono i seguenti:

- *S1: Individual Indoor Climate*, dove l'IAQ è molto buona e le condizioni termiche sono confortevoli sia in estate che in inverno. In particolare, gli utilizzatori degli spazi possono controllare individualmente le condizioni del microclima ambiente ed incrementare la qualità dell'aria intensificando la ventilazione quando necessario. Le condizioni termiche e di qualità dell'aria indoor soddisfano le richieste, specifiche, dei diversi utilizzatori (es. persone anziane, individui allergici o con malattie respiratorie etc.)
- *S2: Good Indoor Climate*, a questo livello corrisponde una buona IAQ secondo i migliori standard; non è previsto un controllo dell'utente sul livello di qualità dell'aria locale e sul microclima.
- *S3: Satisfactory Indoor Climate*, dove l'IAQ e le condizioni termiche sono conformi ai parametri dei codici edilizi o delle norme obbligatorie in vigore; non è previsto un controllo dell'utente sul livello di qualità dell'aria locale e sul microclima.

Il FiSIAQ, al fine di permettere la verifica dei parametri di progetto in base ai livelli target, ha anche elaborato le condizioni di validità di ogni parametro e le istruzioni inerenti la verifica degli stessi.

Sempre per valutare e formulare i livelli *target* relativi all'indoor air quality alcuni ricercatori, Niemelä R. e Tähti E., propongono di adottare l'approccio e la filosofia utilizzati per gli ambienti industriali dal Finnish Institute of Occupational Health, per il quale la valutazione del livello di target della qualità dell'aria indoor in un determinato ambiente è il risultato di un duplice approccio al problema IAQ. Il primo esplicitato nella valutazione del rischio inerente gli effetti sulla salute ed il comfort, il secondo, tecnologico, inerente la valutazione delle tecnologie correlate alla qualità dell'aria.

Per quanto riguarda, specificatamente, la determinazione di un indice globale della qualità dell'aria che permetta di conoscere sinteticamente lo stato dell'IAQ, indicazione particolarmente utile quando, per esempio, si debba valutare l'effetto di eventuali interventi di bonifica, numerosi studi hanno seguito la via dell'approccio olfattivo; più recentemente si è puntato su approcci più oggettivi, basati su dati riscontrabili analiticamente in ambiente. A tale proposito si può citare il metodo proposto da alcuni ricercatori italiani dell'università di Rende (CS), G.Nicoletti e C.Marandola<sup>7</sup>; in questo studio viene proposta l'introduzione un indice di valutazione globale dell'IAQ quale prodotto di indici specifici per le singole famiglie di inquinanti (es.chimici, radioattivi, elettromagnetici). Molto sinteticamente, questi ultimi sono calcolati con riferimento alla differenza tra il valore di concentrazione rilevato in ambiente e quello massimo ammissibile desunto dalla letteratura scientifica o da standard di settore: il prodotto di questi indici rappresenta l'indice globale della qualità dell'aria interna, variabile tra 0 e 1, dove lo 0 rappresenta una condizione ambientale inaccettabile dal punto di vista dell'IAQ, il valore unitario rappresenta, in pratica, l'ambiente incontaminato.

---

<sup>7</sup> "An index for air quality in closet environment", atti 7° convegno REHVA, Napoli, settembre 2002.

#### 4. STRATEGIE DI INDAGINE PER LA VALUTAZIONE DELL'IAQ

I criteri di valutazione della qualità dell'aria in un'indagine igienico ambientale si basano principalmente su due metodi :

- *il metodo diretto*, basato sul monitoraggio e caratterizzazione degli inquinanti presenti nell'aria ambiente attraverso il ricorso a specifiche tecniche di prelievo e di analisi. La principale difficoltà nell'effettuazione di tale tipo di indagine risiede nella necessità di avere una indicazione preventiva della tipologia di inquinanti potenzialmente presenti nell'ambiente da monitorare, al fine di adottare le corrette metodologie di rilevazione; inoltre, specie negli ambienti del terziario dove le concentrazioni degli inquinanti sono generalmente basse, un ulteriore problema può essere legato al fatto che le concentrazioni da misurare possono essere dell'ordine di grandezza del fondo scala degli apparati di misura;
- *il metodo indiretto*, basato sull'esperienza operativa attraverso la quale sono stati individuati i ricambi d'aria che, per la specifica tipologia di destinazione d'uso dell'ambiente considerato, tranne casi del tutto particolari, garantiscono la sufficiente diluizione dei contaminanti fino a concentrazioni sicuramente entro valori accettabili.

Come già accennato, per organizzare una campagna di monitoraggio ambientale è fondamentale capire quali siano i contaminanti e i parametri fisici più significativi da monitorare; nella prassi operativa, si distinguono generalmente due classi di parametri da controllare che possono essere definiti, rispettivamente come *routinari*, o di primo livello, e di *approfondimento*, o di secondo livello. Nel primo gruppo, ad esempio, ricadono l'anidride carbonica, l'ossido di carbonio, il particolato, i TVOC, la contaminazione microbica totale, nonché i parametri microclimatici fondamentali come la temperatura ambiente e l'umidità relativa. Al secondo gruppo appartengono parametri quali la carica batterica specifica, l'ozono, le fibre minerali come amianto e vetro, i singoli VOC come la formaldeide, la radioattività da radon, la misura dell'efficienza di ventilazione. Risulta pertanto evidente che le misurazioni afferenti i parametri routinari forniscono uno screening di base per la valutazione della qualità dell'aria in qualunque tipologia di ambiente indoor, mentre quelli di secondo livello rappresentano misure specifiche da definirsi di volta in volta, a seconda della tipologia e della destinazione d'uso dell'ambiente da monitorare.

Occorre sottolineare che a tutt'oggi, in Italia, non esistono metodi normalizzati di sorveglianza e di analisi della qualità dell'aria all'interno di insediamenti non industriali ufficialmente convalidati da Enti normatori. In mancanza di una normativa nazionale che preveda limiti numerici di esposizione massima ad agenti ambientali ed occupazionali, fatte salve alcune specifiche indicazioni per pochi inquinanti come l'amianto, il piombo ed il rumore (277/91), le radiazioni ionizzanti (D.Lgs. 241/00 e 257/01), ed alcuni Valori Limiti Ponderali (VLP) redatti dall'AIDII e dalla SIMLII, in Italia si fa riferimento ai limiti consigliati e promossi dalla ACGIH, dal NIOSH e dall'ASHRAE per gli ambienti industriali.

Per ambienti lavorativi non industriali come quelli del terziario avanzato, un approccio coerente sarebbe quello di assumere come valore limite una frazione di tali limiti, pur nella coscienza che questi valori limite non garantiscono né la totale assenza né la certezza della manifestazione di disturbi e/o lamentele da parte di tutti gli occupanti.

#### 5. STRATEGIE DI CONTROLLO DELL'IAQ

I principali parametri che possono influenzare la qualità dell'aria indoor sono:

- le scelte progettuali quali l'orientamento, la localizzazione, la tipologia edilizia dell'edificio;
- i materiali da costruzione;
- gli arredi fissi e mobili;
- i rivestimenti (pavimenti, pareti, soffitti);
- gli elementi di dotazione tecnologica dell'edificio (essenzialmente, gli impianti di riscaldamento e condizionamento);
- i materiali usati per la manutenzione e la pulizia,
- le attrezzature di lavoro e l'organizzazione del lavoro stesso.

E' evidente, dunque, che la prevenzione delle possibili cause di inquinamento interno costituisce, "in primis", una precisa responsabilità del progettista il quale, al di là dei comportamenti più o meno a rischio adottati dagli occupanti, dovrebbe perseguire come uno degli obiettivi di progetto il raggiungimento di una buona qualità dell'aria ambiente. A tal fine, dovrà operare un rigoroso controllo dei materiali adottati in sede di costruzione dell'edificio e nell'arredo (controllo dell'emissione alla fonte), e dovrà progettare secondo standard adeguati l'impianto di ventilazione/condizionamento (rimozione o diluizione dell'inquinante).

Purtroppo, ancora troppo poco spesso la strategia della rimozione alla fonte dell'inquinante è fatta propria dai progettisti e/o costruttori, nonostante che anche recenti studi<sup>8</sup> sull'inquinamento indoor originato dai materiali di costruzione, principalmente VOC, abbiano dimostrato che l'aumento della ventilazione al fine d'incrementare la qualità dell'aria interna può incidere sul consumo globale di energia di un edificio ad uso uffici finanche al 20% e che, pertanto, risulterebbe senz'altro più conveniente l'uso di materiali da costruzione ed arredi a bassa emissione, così come raccomandato dalla CEN CR 1752 (1998).

Nella maggioranza dei casi, dunque, per determinare un livello accettabile di IAQ negli ambienti si ricorre alla tecnica di diluizione degli inquinanti considerata dai più, anche se erroneamente, la più comoda e anche la più conveniente dal punto di vista economico.

Affinché una strategia di questo tipo sia efficace, anche se, come già detto, non economicamente conveniente come unico elemento strategico del controllo dell'IAQ, occorre provvedere ad introdurre in ambiente aria il più possibile priva di contaminanti, potenzialmente presenti sia nell'aria esterna di ventilazione che nelle eventuali portate di aria di ricircolo. In riferimento ad ambienti confinati ad uso ufficio, sarà per esempio di fondamentale importanza la regolazione della concentrazione di CO<sub>2</sub>, il bioeffluente per eccellenza usato come indicatore del livello di affollamento indoor; si può valutare, infatti, la relazione che esiste tra la concentrazione di CO<sub>2</sub> in ambiente e la percentuale di insoddisfatti della qualità dell'aria, nella misura di un incremento pari a circa l'1% di insoddisfatti all'aumentare della concentrazione di 50 ppm di CO<sub>2</sub>. In base a tali considerazioni, con l'utilizzo di impianti DCV (*Demand controlled ventilation*) la soglia di intervento della regolazione viene scelta nell'intervallo tra 600 e 1200 ppm di CO<sub>2</sub>, in modo da ottenere un buon livello di accettabilità senza ricorrere a portate eccessive. La metodologia della valutazione delle portate di ricambio in relazione a variabili di controllo, tipicamente il tasso di CO<sub>2</sub>, è stato proposto anche in ambito ASHRAE.

Premessa, quindi, l'importanza di una corretta progettazione, per ambienti dotati di sistemi HVAC risulta di fondamentale importanza la corretta manutenzione dell'impianto che deve prevedere: la pianificazione degli interventi di verifica igienico-sanitaria degli impianti di trattamento e di trasmissione dell'aria (canali); l'effettuazione di monitoraggi iniziali con operazioni di prelievo ed analisi dei contaminanti (analisi microbiologiche e chimiche). A proposito possono essere seguite le prescrizioni ed i consigli contenuti tanto nel CEN/TC156/WG3 n.13/89 "*The needs for hygienic maintenance of air conditioning installations*", che nel documento della Conferenza Permanente per i Rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province Autonome di Trento e Bolzano, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale Serie generale del 05.05.2000 n. 103 dal titolo "Linee Guida per la prevenzione e il controllo della legionellosi". Questo ultimo documento, nel considerare le misure di prevenzione e controllo nei sistemi impiantistici, tratta specificatamente le problematiche inerenti le canalizzazioni aerauliche, dando puntuali indicazioni operative sia in termini progettuali che di manutenzione. Per quanto riguarda il panorama normativo extra europeo, un riferimento di primaria importanza per la manutenzione degli impianti areaulici è costituito dai documenti NADCA (National Air Duct Cleaners Association).

Per concludere, si può affermare che per affrontare i complessi problemi di controllo dell'ambiente interno sono necessarie soluzioni efficienti in termini di energia, convenienti in termini di costi e, soprattutto, ottimizzate dal punto di vista delle implicazioni sulla sicurezza. Per garantire tali caratteristiche del sistema è necessario che la progettazione dei sistemi HVAC & R (riscaldamento, ventilazione, aria condizionata e refrigerazione) sia effettuata in armonia con i dati di progetto *elaborati e condivisi* dagli impiantisti, dagli architetti, dai proprietari e dagli utilizzatori finali degli edifici; che la realizzazione degli impianti sia effettuata col massimo rispetto per le indicazioni progettuali e con la massima cura nella *scelta dei materiali*, privilegiando, in particolare, quelli che inibiscono la crescita microbica, causa principale di inquinamento negli impianti HVAC; che siano preventivamente definiti *protocolli* per una corretta conduzione e manutenzione *dei sistemi* HVAC & R che prevedano non solo l'intervento "a guasto", ma soprattutto una programmazione di tipo preventivo, con particolare attenzione all'aspetto igienico sanitario e, quindi, all'adozione di protocolli per le opportune indagini di monitoraggio dell'aria e per le conseguenti attività operative di sanificazione degli impianti e bonifica degli ambienti.. A tal fine, è auspicabile nel breve periodo lo sviluppo di una cultura di collaborazione sinergica tra i datori di lavoro e chi è preposto alla gestione e manutenzione degli impianti, fin dalla predisposizione dei capitolati per l'affidamento del servizio basati su logiche prestazionali; le azioni da standardizzare dovrebbero includere l'*operatività e manutenzione dell'impianto* secondo le specifiche di progetto; la *tenuta di registri d'impianto* per annotare problemi ed interventi sia di routine che straordinari; il *controllo periodico della concentrazione di inquinanti* negli ambienti, con le relative prescrizioni per la limitazione o rimozione delle fonti e l'ottimizzazione della ventilazione; il *controllo delle attività degli occupanti*, con il controllo delle zone di accesso fumatori e il controllo delle azioni individuali sulla possibilità o meno di regolazione dei parametri di comfort; il *controllo sulle attività di manutenzione dell'edificio* al fine di programmare gli interventi, revisionare le procedure di

---

<sup>8</sup> Studi condotti dalla Technical University of Denmark, International Centre for Indoor Environment and Energy, e dalla University of Technology and Economics di Budapest.

risparmio energetico sempre tenendo conto delle esigenze imprescindibili della qualità dell'aria interna seppur valutate in termini di rapporto costi/benefici.

## **6. LE NUOVE LINEE GUIDA PER LA PROMOZIONE E LA SALUTE NEGLI AMBIENTI CONFINATI**

In Italia, nel settore della regolamentazione riguardante la salubrità degli ambienti lavorativi, sono stati vigenti, per anni, due riferimenti principali: le Regolamentazioni igieniche ed edilizie locali e il D.P.R. n.303. le Regolamentazioni igieniche ed edilizie locali sono state per anni riferimenti fondamentali in assenza di norme nazionali sul controllo della qualità dell'aria in ambienti indoor. Tali Regolamentazioni fornivano, tipicamente, solo prescrizioni impiantistiche relative ai parametri di progetto; nessun cenno era fatto a problematiche di accettabilità della qualità dell'aria.

Per quanto attiene le normative nel settore della prevenzione, salute e sicurezza dall'inquinamento indoor, nonché della salubrità dell'aria negli ambienti di lavoro, altro contributo fondamentale è stato dato, sin dal 1956, dal D.P.R. n.303 dal titolo “ *Norma generale per l'igiene del lavoro*”.

Sempre in merito al tema della prevenzione e protezione, non si deve trascurare il contributo fornito dall'art. 2087 del Codice civile che stabiliva l'obbligo, per il datore di lavoro, di “adottare nell'esercizio dell'impresa le misure che, secondo la particolarità del lavoro, l'esperienza e la tecnica, sono necessarie a tutelare l'integrità fisica e la personalità morale dei prestatori d'opera”. Con lo stesso intento, più recentemente il legislatore, con il D.Lgs.626/94, ha ulteriormente ampliato l'impegno del Datore di lavoro introducendo, quali limite dell'azione di prevenzione e sicurezza, non più il principio di massima sicurezza ragionevolmente praticabile, bensì il principio di massima sicurezza tecnicamente fattibile.

Per quanto riguarda lo specifico settore della salubrità degli ambienti di lavoro non industriali, l'indirizzo proposto attualmente in ambito comunitario prevede l'adozione di due approcci normativi: il primo costituito da linee guida per il controllo della qualità dell'aria indoor attuato attraverso il controllo dei parametri igienici, sanitari e funzionali dell'ambiente confinato; il secondo basato su norme specifiche, in continuo aggiornamento, inerenti le strategie di controllo dei diversi inquinanti.

In Italia tali indirizzi normativi, che intendono coordinare in modo organico i requisiti igienici e funzionali di una corretta IAQ, non sono stati ancora recepiti; vigono tuttora solo normative specifiche, sempre comunque in recepimento di normative della Comunità, inerenti singoli inquinanti quali l'amianto, il piombo, il radon, etc,

Appare, quindi, di grande interesse l'impegno assunto dalla *Commissione Inquinamento Indoor*, istituita nel 1998 presso l'ex Dipartimento della prevenzione del Ministero della Salute, al fine di stabilire obiettivi strategici per promuovere ed implementare le iniziative di tutela e promozione della salute negli ambienti confinati; in tale ambito sono state recentemente pubblicate, come accordo tra il Ministro della Salute, le Regioni e le Province autonome, le *Linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati* (S.O. n.252 G.U.n.276 del 27.11.2001). L'accordo, che costituisce la proposta tecnico-politica più aggiornata per il nostro Paese, ha come principale finalità quella di promuovere ed implementare le iniziative di prevenzione dei rischi indoor, anche nell'ambito della programmazione sanitaria nazionale, regionale e locale, seguendo il principio della sussidiarietà e della cooperazione tra Stato, Regioni ed enti Locali. Nello specifico, le Linee guida promuovono non solo l'emanazione di una normativa che coordini in modo organico i requisiti igienici e funzionali degli ambienti indoor, ma anche la redazione di un Piano per la promozione e la tutela della salute in tali ambienti, basato sulla proposta di interventi di prevenzione la cui efficacia, nel ridurre l'esposizione della popolazione e/o nel ridurre gli effetti sanitari, sia già consolidata. A tal fine, sono auspiccate: forme sinergiche di collaborazione tra le Amministrazioni statali al fine di predisporre proposte a carattere tecnico-normativo per la redazione di protocolli specifici per il controllo della qualità dell'aria indoor; la predisposizione di *banche dati* relative alle indagini ambientali sul patrimonio edilizio; l'elaborazione di *linee guida* per la progettazione e la corretta costruzione degli ambienti di vita e di lavoro; la definizione di *standard IAQ*; l'istituzione di un *registro degli inquinanti indoor*; la redazione di *protocolli relativi la manutenzione dei sistemi di aerazione*; la realizzazione di programmi di prevenzione indoor. Purtroppo, anche questo documento non viene recepita la problematica fondamentale degli obiettivi prestazionali dei manufatti e degli impianti che è invece un caposaldo delle linee guida più aggiornate a livello internazionale (EPA, OSHA, WHO).

## **7. CONCLUSIONI**

Nel contesto di proposte, studi e ricerche applicate nel settore dalla definizione di standard di IAQ vengono evidenziate le nuove acquisizioni della ricerca nella definizione, in particolare, di un indicatore globale di IAQ relativo al comfort ed alla salute dei lavoratori. L'individuazione di tale indicatore potrebbe risultare particolarmente significativa per il controllo della corretta attuazione di azioni di investigazione e di

bonifica di ambienti che risultino non idonei o potenzialmente pericolosi per la salute dei lavoratori. Lo stesso indicatore potrebbe essere utilmente utilizzato come parametro di controllo all'interno di un Sistema di Gestione della Sicurezza applicato agli ambienti lavorativi; tale Sistema di Gestione, ancora non esplicitamente richiesto nel D.Lgs 626/94, corrisponderebbe alla visione olistica ed all'approccio sistemico della norma, finalizzata al miglioramento continuo dell'ambiente di lavoro, garantendo senz'altro un valore aggiunto rispetto al mero riscontro formale dei requisiti minimali di legge.

In considerazione dei costi relativi alla sicurezza dei lavoratori e al mantenimento dello stato di salubrità degli ambienti lavorativi, anche del terziario avanzato, quanto sopra prospettato rappresenta un obiettivo raggiungibile se coordinato alla predisposizione di: sistemi di qualificazione (accreditamento) per coloro che svolgono attività nel campo della diagnostica e messa in opera dei sistemi finalizzati al miglioramento dell'IAQ; adozione di specifici protocolli inerenti standard che integrino gli strumenti normativi vigenti (Regolamento Edilizio, Regolamento d'igiene, Norme Tecniche), finalizzandoli al controllo dello stato igienico sanitario dei componenti ambientali ed al controllo della qualità dell'aria; revisione dei codici costruttivi per la prevenzione della contaminazione indoor (indagini per la localizzazione dell'edificio, scelta dei materiali ecc.); redazione di specifiche per la manutenzione degli immobili e degli impianti.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Autori vari , sezione IAQ and Ventilation , *Atti del 7°World Congress REHVA* (2001)
- [2] Autori vari , sezione Indoor air Pollution, *Atti del 7°World Congress REHVA* (2001)
- [3] Apte M., Fisk W., Daisey J. Indoor carbon dioxide concentration and SBS in Office Workers ,*Proceedings of Healthy Buildings* (2000)
- [4] Bergamaschi A., Indoor Air Quality, *Quaderni di medicina del Lavoro, Università di Tor Vergata* (1998)
- [5] De Santoli L, Fracastoro G., La qualità dell'aria negli ambienti interni – soluzioni e strategie, AICARR Milano (1998)
- [6] De Vito G. et. Al., Turbolenze dell'aria e disagio microclimatico, *Atti del 19°Congresso AIDII*, pp.369-373, (2001)
- [7] Del Gaudio M. et al., Microclima e qualità dell'aria negli uffici ministeriali , *Atti 19° congresso Nazionale AIDII*, pp. 198-202 (2001)
- [8] Dorgan C., Hanssen O. Evaluation of association indoor air climate, well-being and productivity, *Healthy Buildings WS9*, Espoo Finland (2000)
- [9] Faggini M., Nicoletto M., Dal D.Lgs 626/94 al sistema di gestione della sicurezza, *Atti 19° congresso Nazionale AIDII*, pp. 140-144 (2001)
- [10] Fanger P.O., A solution to the Sick Building Mystery, *Proceedings Indoor Air Conference* (1987)
- [11] Fisk W., Rosenfeld A., Estimates of improved productivity and health from better indoor environments , *International Journal of Indoor Air quality and Climate*, n.7 pp. 158-172 (1997)
- [12] Kroling P. Health and well being disorder in air conditioned buildings, comparative investigations of building illness syndrome, *Energy and Buildings*, Vol. 11 pp. 277-282 (1988)
- [13] OSHA, Indoor air investigation (1998) available web site: [www.osha-slc.gov](http://www.osha-slc.gov)
- [14] U.S Environmental Protection Agency (EPA), Sources of information on Indoor Air Quality –IAQ in large buildings(1998), Ventilation and air quality in offices, Fact sheet (2000), Building Air quality – a guide for building Owners and facility managers, (2000) available at web site: [www.epa.gov](http://www.epa.gov)
- [15] Wargoeki P., et al., Perceived air quality, Sick Building Syndrome (SBS) symptoms and productivity in an office with two different pollution loads, *Indoor Air* Vol.9, pp.165-179 (1999)
- [16] World Health Organization/OMS, Indoor Air Quality, *WHO Guidelines for air quality*, Cap. 4 (2000) available at web site: <http://www.who.int>
- [17] Zweers T, Preller L et al., Health and indoor complaints of 7043 office workers in 61 buildings in the Netherlands , *Indoor Air* , Vol 2 pp 127-136 (1992)