

**QUALITÀ DEGLI AMBIENTI CONFINATI NON INDUSTRIALI (*INDOOR*):
VALUTAZIONE DEL RISCHIO, PREVENZIONE, SORVEGLIANZA SANITARIA**

Rischio chimico e biologico

G. Abbritti

Ambiente indoor, lavoro e salute

Sezione di Medicina del Lavoro e Tossicologia, Dipartimento di Medicina Clinica e Sperimentale, Università degli Studi di Perugia

RIASSUNTO. La maggior parte della popolazione lavorativa svolge attualmente la propria attività in ambienti confinati non industriali quali uffici, ospedali, biblioteche, strutture per attività ricreative e sociali, mezzi di trasporto. Una qualità non ottimale dell'aria di questi ambienti può comportare negli occupanti l'insorgenza di disagi, malessere o vere e proprie malattie, definite "malattie correlate con gli edifici". La rilevanza e la diffusione di queste affezioni ha stimolato l'organizzazione ed il finanziamento di grandi indagini epidemiologiche in numerosi Paesi e la designazione di gruppi di lavoro dedicati da parte di Governi, Agenzie e Società scientifiche internazionali. L'interesse per gli ambienti indoor negli ultimi 20 anni ha consentito di maturare conoscenze che permettono di identificare le fonti di rischio dei diversi inquinanti, di stabilirne le concentrazioni potenzialmente pericolose, di adottare nella maggior parte dei casi rimedi efficaci. Tuttavia devono essere meglio definiti gli effetti di numerosi agenti biologici e delle miscele di agenti chimici, nonché linee guida efficaci per la buona qualità dell'aria. L'individuazione e la gestione dei fattori di rischio indoor presuppone una metodologia specifica; il medico del lavoro può svolgere un ruolo di rilievo nella valutazione dei rischi, nella diagnosi precoce di eventuali malattie correlate con gli edifici e nella prevenzione di possibili effetti a breve e lungo termine.

Parole chiave: aria interna, malattie correlate con gli edifici, lavoro di ufficio.

ABSTRACT. www.gimle.fsm.it

Indoor Environments, Work and Health. Nowadays, the activities of most of the working population are carried out in confined, non-industrial environments such as offices, hospitals, libraries, social and leisure centres and means of transport. Sub-optimal air quality in these confined spaces can lead to discomfort, ailments and even diseases. The impact and diffusion of these effects have led to the organisation and funding of large-scale epidemiological investigations in many countries and the nomination of working parties by governments, health agencies and international scientific societies. Over the past 20 years studies on indoor environments have identified sources of risk of various pollutants, established the levels of potentially dangerous concentrations and, for most of them, have provided effective measures. However, the effects of many biological agents and chemical mixtures still remain to be defined and effective guidelines are needed for high quality indoor air. Identifying and managing indoor risk factors presupposes a specific methodology: the specialist in occupational medicine can play a key role in risk assessment, in the early diagnosis of building-related illnesses and in the prevention of both short- and long-term effects.

Key words: indoor air, building-related illnesses, office work.

Introduzione

Quando si parla di ambiente indoor e di qualità dell'aria interna ci si riferisce ad ambienti confinati di vita e di lavoro non industriali.

Pertanto il termine **ambiente indoor** (1) è riferito comunemente alle abitazioni, agli uffici pubblici e privati, agli ospedali, alle biblioteche, ai locali destinati ad attività ricreative e/o sociali (cinema, bar, ristoranti, strutture sportive, ecc.), ai mezzi di trasporto pubblici e privati (auto, treni, navi, aerei, ecc.). Ne deriva che se nell'ambiente indoor esistono fonti di disagio o rischi per la salute, questi possono interessare sia la popolazione generale (in particolare i soggetti più suscettibili, come bambini, anziani, pazienti con malattie cardiache, broncopolmonari, allergiche), sia i lavoratori che lavorano in uffici, ospedali, scuole, biblioteche, mezzi di trasporto, luoghi di svago e/o di divertimento.

I medici del lavoro sono interessati a tutti gli ambienti indoor dove vengono svolte attività lavorative.

È facile comprendere la rilevanza di questo se si considera che (2) della **popolazione** attualmente **occupata** in Italia (circa 22.000.000 di persone), solo il 5% circa è impiegato nell'agricoltura e il 31,8% nell'industria; oltre il 63% svolge altre attività, fra le quali quelle del terziario, che rappresentano la quota più rilevante e sono svolte in ambienti indoor.

Nel corso degli ultimi 30-40 anni (3) il **lavoro d'ufficio**, nei paesi industrializzati, ha subito profonde trasformazioni, sia per quel che riguarda l'ambiente (caratteristiche costruttive, strutturali, impiantistiche, ecc.) che per quel che riguarda gli strumenti, l'organizzazione del lavoro, le competenze richieste.

Per quel che riguarda l'**ambiente di lavoro**:

- gli uffici vengono sempre più spesso concentrati in grandi edifici situati in aree periferiche; gli edifici sono costruiti con nuove tecniche e hanno strutture leggere che richiedono un elevato impiego di materiali termoisolanti e fonoassorbenti;
- spesso sono "sigillati" e la ventilazione ridotta per contenere i consumi energetici;
- è sempre più frequente il ricorso ad impianti di condizionamento dell'aria, con o senza umidificazione; sono cambiati i materiali usati per il mobilio, l'arreda-

mento e la pulizia; è sempre più diffuso l'uso di macchine (fotocopiatrici, computers, stampanti ecc.) che ha contribuito alla profonda trasformazione dell'organizzazione del lavoro e delle competenze richieste a managers e lavoratori.

Di pari passo con le profonde trasformazioni che hanno interessato gli ambienti indoor, in particolare quelli destinati ad accogliere uffici, sono diventate sempre più frequenti le segnalazioni di disagio, di malessere, o di vere e proprie malattie fra coloro che svolgono lavoro d'ufficio o attività lavorative in ambienti indoor; a tali affezioni è stato dato il nome generale di "**Building related illnesses**" (BRI) o "**malattie correlate con gli edifici**" (3)(4).

La diffusione della BRI ha stimolato l'interesse dei ricercatori e delle autorità politiche e sanitarie per lo studio dell'ambiente indoor e dei possibili riflessi sulla salute e sul benessere, non solo dei lavoratori ma anche della popolazione generale.

Anche la considerazione che, nei paesi industrializzati, la popolazione trascorre l'80-90% del suo tempo in ambienti confinati (abitazione, lavoro, mezzi di trasporto) (5) ha fatto emergere l'importanza della qualità dell'ambiente indoor per la salute della popolazione generale oltre che di quella lavorativa.

Molti studi hanno messo in evidenza che diversi fattori (1)(6) possono influenzare la qualità dell'aria interna con riflessi negativi per la salute e il benessere degli occupanti.

Numerose sono le **sorgenti di inquinanti** che si possono trovare negli ambienti indoor: gli occupanti stessi, gli impianti di condizionamento, gli umidificatori, i materiali di costruzione, il mobilio e l'arredamento, le fotocopiatrici, i prodotti per la pulizia, i disinfestanti, il fumo di tabacco, gli umidificatori ecc. .

Parimenti numerosi sono i **fattori che possono rendere non idonei la qualità dell'aria interna** e l'ambiente indoor: aria inquinata che proviene dall'esterno; fattori microclimatici; pesticidi (trattamento antimuffa del legno, disinfestanti); composti organici volatili (VOCs), formaldeide; batteri, muffe e altri microorganismi; biocidi, particolato aerodisperso, fibre minerali artificiali, talora fibre di asbesto; gas (CO, CO₂, NO₂, SO₂, O₃), radon; fumo di tabacco, ecc..

La **concentrazione interna** di alcuni di tali inquinanti può essere uguale o superiore alla concentrazione nell'aria esterna, ma soprattutto l'esposizione indoor è di gran lunga maggiore di quella outdoor.

La collocazione geografica ed urbanistica dei nuovi ambienti di lavoro, il design, la struttura, la scelta dei materiali e degli arredi, risponde a specifiche esigenze economiche, organizzative e produttive ma, in qualche caso, anche ad esigenze dettate da particolari condizioni dell'ambiente esterno; ad esempio la necessità di costruire ospedali in aree assolutamente sfavorevoli dal punto di vista climatico (7).

Naturalmente le differenze climatiche, le diverse scuole architettoniche ed ingegneristiche, la diversa disponibilità dei materiali, hanno condizionato notevolmente la struttura degli edifici e degli impianti di condizionamento e di ventilazione dei vari Paesi. Oltre alle peculiarità strutturali degli edifici, anche la diversa organizzazione del lavoro (es.

orario di lavoro, struttura gerarchica) dei diversi Paesi, ha contribuito in modo rilevante a caratterizzare il tipo e la diffusione delle **malattie correlate con gli edifici**.

Mentre l'inquinamento dell'aria nei centri urbani è un problema conosciuto da tempo e percepito dalla opinione pubblica come un pericolo per la salute, gli effetti dell'inquinamento indoor, sebbene rilevanti dal punto di vista sanitario e delle conseguenze socio-economiche, sono meno conosciuti e di conseguenza sottovalutati.

La stesura di **linee guida**, accettate a livello internazionale, per gli inquinanti indoor avrebbe sicuramente un impatto positivo sulla salute dei cittadini.

La stesura di queste linee guida (8) presenta, però, particolari difficoltà, dato che la qualità dell'aria interna è più difficilmente valutabile rispetto, ad esempio, alla qualità dell'aria in un ambiente industriale tradizionale.

Infatti si pongono problemi complessi, ad esempio: a quale ambiente si applicano tali linee guida (abitazioni, uffici, scuole, edifici pubblici, veicoli ecc.)? a quali principi bisogna ispirarsi (salute, benessere)? a tutela di chi devono essere rivolti? Chi bisogna proteggere? quale organo dovrebbe essere responsabile della regolamentazione e del monitoraggio degli inquinanti? quali sarebbero le conseguenze legali nel caso fossero superati i limiti stabiliti? i limiti stabiliti nelle linee guida per l'indoor dovrebbero coincidere con quelli stabiliti per gli stessi inquinanti nell'ambiente esterno o nei luoghi di lavoro?

Ci sono poi problemi pratici, ad esempio la necessità di stabilire adeguati protocolli per il monitoraggio degli inquinanti.

A tutto questo c'è da aggiungere che se le linee guida dovessero valere anche per le abitazioni, potrebbero non incontrare il favore dei cittadini che, come prima detto, si preoccupano molto più dell'inquinamento esterno che di quello interno e non accettano volentieri che lo Stato o Agenzie pubbliche invadano la sfera del privato.

Le malattie correlate con gli edifici

Le **malattie correlate con gli edifici** sono state segnalate, sempre più frequentemente negli ultimi 30 anni, quasi contemporaneamente al diffondersi dei nuovi ambienti di lavoro indoor, inizialmente nei Paesi del Nord Europa e del Nord America, successivamente, in quasi tutto il mondo industrializzato.

La letteratura corrente tende a distinguere le **malattie correlate con gli edifici** in "**specifiche**" e "**non-specifiche**" (3)(4). Al **primo gruppo** vengono ascritte varie affezioni che hanno in comune alcune caratteristiche:

- la loro prevalenza fra gli occupanti un edificio è solitamente bassa; l'agente causale è in genere noto e può essere individuato negli ambienti di lavoro, in particolare negli impianti di ventilazione e di condizionamento dell'aria; l'insorgenza di nuovi casi cessa con la rimozione dell'agente eziologico; il quadro clinico di ciascuna malattia è ben definito e la diagnosi si giova di reperti obiettivi clinici e strumentali; la patogenesi è più spesso di tipo allergico o tossinfettivo; le manifestazioni cliniche non si risolvono rapidamente allonta-

mandosi per qualche giorno dall'ambiente di lavoro e, talora, se non adeguatamente trattate possono assumere particolare gravità.

Ne sono esempio alcune **malattie infettive** (legionellosi, febbre di Pontiac, affezioni simil-influenzali, tubercolosi), **immunologiche** (polmonite da ipersensibilità, febbre da umidificatori), **allergiche** (dermatiti, riniti, asma, orticaria da contatto, edema della glottide), **irritative** (dermatiti, irritazione delle vie aeree), **intossicazioni** come quella da monossido di carbonio, peraltro rara in edifici adibiti ad uffici. Le **malattie "non-specifiche" correlate con gli edifici**, che hanno come espressione più nota la **sindrome dell'edificio malato**, hanno tratti assai meno definiti, ma sono caratterizzate da una notevole prevalenza fra gli occupanti di un edificio (maggiore del 20%, ma spesso superiore al 50-60%) e da sintomi irritativi e generali (7). I **sintomi irritativi**, quasi sempre presenti in elevata percentuale nei diversi episodi descritti, riguardano gli occhi, la cute, le mucose delle prime vie aeree; i **sintomi generali** più caratteristici sono cefalea, difficoltà di concentrazione, sonnolenza, in qualche caso nausea. Questi sintomi, in diversa associazione tra loro, si manifestano dopo alcune ore dall'inizio del lavoro in un edificio e, ad eccezione dei sintomi e segni cutanei che sono più persistenti, tendono a regredire completamente a distanza di poche ore o di 2-3 giorni dall'abbandono dell'edificio. Nonostante le ricerche svolte in questo settore, in nessun caso è stato possibile evidenziare reperi obiettivi caratteristici, che ricorressero costantemente nei diversi episodi descritti (10). Tuttavia in diversi soggetti è stata rilevata una alterazione della stabilità del film lacrimale, associata o meno a sintomi oculari, una ridotta formazione della schiuma in sede oculare ed iperemia congiuntivale. All'insieme di questi sintomi è stato dato il nome di **sindrome dell'edificio malato** o dell'**edificio sigillato** o **Sick Building Syndrome (S.B.S.)**, sebbene chiaramente non sia l'edificio ad essere malato ma una elevata percentuale dei suoi occupanti.

L'**eziologia della S.B.S.**, non è ancora conosciuta, pur essendo stata descritta nel nostro Paese oltre 15 anni or sono (9)(11), e ancora prima nei Paesi del Nord Europa e del Nord America. Tuttavia è stato osservato che una ventilazione non ottimale, una bassa umidità dell'aria, una illuminazione non adeguata, una scarsa pulizia degli edifici, una non ottimale manutenzione degli impianti di condizionamento e di ventilazione e fattori psico-sociali ricorrono spesso, in diversa associazione, negli episodi descritti.

A prescindere dalla S.B.S., un alterato comfort o la presenza di sintomi irritativi e generali sono stati segnalati anche in uffici senza problemi apparenti (12). Anche in questi casi è stato frequentemente registrato un discomfort termoisometrico, illuminazione non ottimale, eccessivo rumore o vibrazioni, o, più spesso, un'alterata qualità dell'aria interna, per la presenza di inquinanti chimici, fisici, biologici.

la nazionale o sovranazionale che hanno coinvolto decine di edifici e migliaia di lavoratori in diverse parti del mondo. Ne sono esempi, in Europa il *British Office Environment Survey* (BOES) (1987, 42 edifici, 4373 impiegati), il *Danish Town Hall Study* (1987, 14 edifici, 4300 impiegati), lo *Swedish Office Building Project* (1994, 210 edifici, 5986 impiegati), lo *European Audit Study* (1996, 56 edifici in 9 Paesi con almeno 100 occupanti per edificio) ed il *German Proklima Study* (1999, 16 edifici adibiti ad ufficio); negli Stati Uniti il *California Healthy Building Study* (1993, 12 edifici, 880 impiegati), il *Library of Congress Study* (1991, 6771 impiegati), il *NIOSH Study* (1996, 160 edifici, 2435 impiegati), il *Building Assessment Evaluation Study* (BASE) iniziato nel 1993, coordinato e supportato dall'*Environmental Protection Agency* (E.P.A.), che dovrebbe interessare 100 edifici in dieci aree climatiche diverse degli Stati Uniti (13). Anche Agenzie od Enti pubblici o privati, di livello nazionale o sovranazionale, come ad esempio la *European Collaborative Action dell'Unione Europea*, l'*Environmental Protection Agency* e il *National Institute for Occupational Safety and Health* (N.I.O.S.H.) negli Stati Uniti, la *North Atlantic Treaty Organization* (N.A.T.O.), l'*Organizzazione Mondiale della Sanità* hanno finanziato iniziative di elevato valore scientifico e culturale, volte a valutare il rapporto tra ambienti indoor e salute. In Italia il Ministero della Sanità nel 1998 ha nominato una Commissione tecnico-scientifica multidisciplinare che ha preparato un "Piano di prevenzione per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati", completato nel 1999 (1), alla cui stesura hanno partecipato gran parte dei relatori qui presenti. Questo importante documento, rappresenta una pregevole messa a punto di tutte le problematiche connesse con l'ambiente indoor e la sua consultazione è ancor oggi raccomandata a tutti quelli che vogliono avere maggiori approfondimenti sui temi oggi in discussione.

La crescente attenzione dedicata dai ricercatori di tutte le discipline a vario titolo interessati (ingegneri, architetti, impiantisti, esperti di illuminotecnica e di comfort termoisometrico, medici, tossicologi, igienisti industriali, epidemiologi ecc.) ai problemi posti dalla qualità dell'aria interna e dalle malattie correlate con gli edifici negli ultimi 20 anni, è testimoniata dal numero sempre maggiore di lavori sull'argomento pubblicati su riviste molto prestigiose, dalla pubblicazione di nuove riviste specializzate, dall'istituzione di nuove Società Scientifiche, spesso multidisciplinari, come l'ISIAQ, l'IAIAS ed altre ancora.

Altre prestigiose Società Scientifiche, sia italiane che internazionali, hanno designato gruppi di lavoro dedicati ai problemi legati all'indoor. Tra queste l'*International Commission on Occupational Health (I.C.O.H.)* ha ritenuto di promuovere, già nel 1996, una Commissione Scientifica per lo studio di questo tema (*Scientific Committee on "Indoor air quality and health"*).

L'interesse per gli ambienti di lavoro confinati non industriali

In alcuni casi la rilevanza e la diffusione dei sintomi e delle malattie correlate con gli edifici hanno raggiunto livelli tali da richiedere l'organizzazione di **indagini** su sca-

Conoscenze acquisite e necessità di ricerca

L'interesse per gli ambienti indoor ha portato al raggiungimento di alcuni significativi risultati, soprattutto per quanto riguarda la possibilità di misurare, oltre ai parame-

tri microclimatici, numerosi inquinanti dell'aria interna, di definirne gli effetti sulla salute, di indicarne in alcuni casi i valori guida, di valutare preventivamente le emissioni di tossici da materiali impiegati negli edifici, di eseguire interventi anche di natura scientifica, in edifici con problemi e di attuare in modo efficace, quando prevista, la sorveglianza sanitaria dei lavoratori.

Negli ambienti di lavoro confinati non industriali attenzione sempre maggiore è stata dedicata, per i loro riflessi sulla salute e sul benessere degli occupanti, alla **ventilazione**, alla **temperatura** e all'**umidità dell'aria**. La **ventilazione** può essere definita come il processo di scambio dell'aria interna (presumibilmente inquinata) con aria esterna (presumibilmente fresca e pulita) (14). Lo scopo principale della ventilazione è quello di creare condizioni ottimali per le persone che operano negli ambienti interni, tenendo conto del loro stato di salute, del comfort, della produttività e fornendo aria per la respirazione, la rimozione e la diluizione di inquinanti, la riduzione o l'aumento di umidità e di calore. Diverse **review** sono state pubblicate sul rapporto tra **ventilazione e salute e benessere degli occupanti** edifici adibiti ad uffici. La loro principale e comune conclusione è stata che un tasso di ventilazione uguale o inferiore a 10 l/sec per persona può significativamente aggravare i sintomi irritativi e generali degli occupanti, principalmente quelli assimilabili alla SBS, attenuati invece da un incremento della ventilazione a 20 l/sec per persona (15). Inoltre una più elevata prevalenza di sintomi che caratterizzano la SBS sembra chiaramente associata con la presenza di aria condizionata negli edifici. Una recente rivalutazione critica della letteratura da parte di un apposito gruppo europeo di esperti di discipline diverse (14) ha indicato che percentuali di aria esterna inferiori ai 25 l/sec per persona negli uffici aumentano il rischio di sviluppo di sintomi tipo **SBS** negli occupanti e di brevi assenze per malattia; causano inoltre riduzione della produttività. Tuttavia lo standard ASHRAE (*American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers*) proposto recentemente per gli uffici in cui non vi siano fumatori è di 10 l/sec per persona (16).

La **temperatura** ottimale negli ambienti condizionati adibiti ad uffici è stata tentativamente stabilita mediante osservazioni sperimentali, condotte variando artificialmente i parametri microclimatici e verificando gli effetti delle variazioni sulla salute e sul benessere degli occupanti. In condizioni di temperatura più elevata, specie se superiore a 21-22 °C, aumentavano i sintomi simili alla SBS, in particolare la sensazione di aria secca (17). Più controversi sono gli effetti legati all'**umidità** dell'aria. Infatti negli studi eseguiti con l'aumento controllato dell'umidità i sintomi di secchezza, in particolare delle vie aeree, si riducono in alcuni casi, aumentano o non si modificano in altri. In studi recenti è stato osservato che un'umidità dell'aria del 34-37%, a parità di temperatura, riduce i sintomi irritativi e generali tipici della SBS (17). Inoltre a valori di temperatura compresi tra 18 e 26 °C e di umidità relativa del 17-40% e assoluta di 3,3-5,6 gr H₂O/Kg di aria, i sintomi di secchezza cutanea, faringea e della mucosa nasale e quelli di congestione nasale, era-

no alleviati da una maggiore umidità relativa ed assoluta, mentre i sintomi oculari non erano modificati. L'aumento di umidità, tuttavia, aumentava la percezione di cattivi odori e di aria chiusa (18).

La possibilità di misurare **inquinanti nell'aria interna**, a concentrazioni relativamente basse, risale agli anni '60, (13), epoca in cui hanno cominciato ad essere valutati gli ossidi di azoto, il radon, il piombo nelle abitazioni e, successivamente, le fibre di asbesto ed i composti presenti nel fumo di tabacco ambientale (19). Negli anni '80 è stato osservato che il contributo delle sorgenti indoor all'esposizione personale a **VOCs tossici**, in particolare al **benzene**, era più rilevante del contributo delle sorgenti esterne. Successivamente numerosi studi sperimentali e sul campo hanno contribuito a definire gli effetti sulla salute di numerosi inquinanti **chimici, fisici e biologici**. I **VOCs** presenti negli ambienti indoor sono stati misurati in diverse ricerche su vasta scala (20) ed è stato rilevato che le concentrazioni negli ambienti interni, soprattutto negli uffici, erano associate a sintomi irritativi degli occhi, delle mucose delle vie aeree e, in alcuni casi, a sintomi a carico del sistema nervoso centrale (irritabilità, difficoltà di concentrazione, astenia). Degli effetti a lungo termine sono stati meglio caratterizzati quelli legati all'esposizione a **benzene**, di cui è stato stimato il rischio di provocare leucemie nell'uomo.

La **formaldeide**, inquinante molto diffuso negli ambienti indoor, può determinare effetti irritanti sulla cute e sulle mucose anche per esposizioni a basse concentrazioni; recentemente la IARC ha definito questa sostanza un cancerogeno certo per l'uomo, in grado di provocare tumori naso-faringei; è ancora dubbia l'associazione con il cancro nasale, delle fosse paranasali e con le leucemie (21). Osservazioni molto interessanti sono state formulate sul **particolato** di cui sono stati evidenziati effetti non solo irritativi per le mucose e gli occhi, ma anche cardiovascolari (aumentata incidenza di infarto del miocardio, di fibrillazione ventricolare, della mortalità giornaliera per cause cardiovascolari), forse mediati da interferenze con i processi emocoagulativi (22). Anche l'**asbesto**, classificato dalla IARC come cancerogeno certo per l'uomo (Gruppo I), costituisce un fattore di rischio possibile negli edifici, se inserito in materiali friabili ed in cattivo stato di conservazione. Fonte di preoccupazione recente, negli Stati Uniti, è il rilievo di **fibre di asbesto** (tremolite) nella vermiculite proveniente dalle miniere di Libby (Montana) ed ampiamente utilizzata in costruzioni civili pubbliche e private. Il **fumo ambientale (E.T.S.: Environmental Tobacco Smoke)** resta uno degli inquinanti chimici principali degli ambienti indoor, molto studiato sia per l'influenza negativa sulla patologia polmonare acuta e cronica, sia per gli effetti cancerogeni polmonari, ormai ben definiti anche negli ambienti di lavoro. Negli ultimi anni il **fumo di tabacco ambientale** è stato associato ad una maggiore incidenza di malattie cardiovascolari negli esposti non fumatori. Fra gli **agenti fisici**, il **radon** nell'aria interna rappresenta un rischio significativo per lo sviluppo del cancro del polmone (23); stime in questo senso, basate sui dati ottenuti in minatori esposti, appaiono convincenti, tanto da sollecitare la formulazio-

ne di provvedimenti normativi specifici in diversi paesi tra cui l'Italia (es. raccomandazione europea 90/143 Euratom del 21/2/90 per le abitazioni e Dl.vo 26.5.2000 n.241, G.U. 203 del 31.8.2000 per la protezione dei lavoratori e della popolazione).

Gli **inquinanti biologici** degli ambienti confinati sono molto numerosi e possono provocare malattie ben caratterizzate dal punto di vista nosologico, come ad esempio la polmonite da Legionella Pneumophila, infezioni virali, micosi. Agenti biologici possono anche determinare affezioni con meccanismo immuno-allergico, come nel caso dell'asma bronchiale e di oculoriniti da acari o della polmonite da ipersensibilità (19). Le micotossine prodotte da alcuni miceti sono state associate a sintomi irritativi cutanei, oculari e mucosi, astenia ed alterazioni immuno-allergiche soprattutto in edifici con evidente presenza di umidità (24). Le **fonti di inquinamento** da agenti biologici degli edifici sono per lo più note ed identificabili nei sistemi di raffreddamento e di umidificazione degli impianti di condizionamento dell'aria, negli impianti idrici, nella polvere di tappeti, poltrone, moquettes.

Nonostante le recenti acquisizioni, numerose e di grande rilievo che saranno approfondite nelle relazioni successive, diversi importanti aspetti attendono ancora una definizione. Oltre alla necessità pratica quotidiana di migliorare i criteri per studiare le emissioni di sostanze nell'ambiente indoor, l'efficacia della pulizia delle condotte di ventilazione o l'adeguatezza della ventilazione stessa, sono necessari ulteriori progressi in alcune **aree critiche**. Fra queste si possono indicare la definizione di **modelli di esposizione** che integrino le necessità energetiche, economiche e sanitarie, la valutazione degli **effetti additivi** o **sinergici** delle miscele di composti chimici, nonché delle loro **interazioni** con i livelli di umidità dell'aria e con inquinanti particolari quali gli ossidi di azoto, l'ozono, i radicali idrossilici. Di maggiori approfondimenti necessitano anche gli studi sui **micro-organismi** e sulle loro **fonti di contaminazione**, sia interne che esterne agli edifici, e sulla tossicità dei loro prodotti quali endotossine, glucani, polipeptidi, proteine allergeniche, micotossine. Le principali esigenze conoscitive per quanto riguarda gli ambienti di lavoro confinati non industriali, sono state delineate anche da un gruppo di lavoro costituito ad hoc dal NIOSH (25). Il gruppo di lavoro indica, fra l'altro, come prioritaria la necessità di conoscere in modo più approfondito le infezioni respiratorie tipiche degli ambienti indoor, le malattie allergiche e l'asma correlate con la permanenza negli edifici ed i metodi per diffondere l'applicazione di pratiche costruttive più attente alla salute ed al benessere degli occupanti. La definizione di **linee guida** sull'inquinamento indoor e sulla qualità dell'aria interna è molto sentita dai ricercatori e apporterebbe grandi vantaggi per la salute sia dei lavoratori che della popolazione generale. L'OMS (7) ha stabilito limiti *health-based* applicabili all'ambiente indoor e numerosi Paesi, fra i quali la Germania, la Norvegia, la Polonia hanno stabilito concentrazioni di riferimento (target) per numerosi inquinanti. Ciononostante, come detto in premessa, esistono numerose difficoltà nella individuazione delle concentrazioni da proporre, nella applicazione pratica delle stesse linee guida, oltre

che resistenze alla loro applicazione da parte della popolazione. I risvolti sociali, sanitari ed economici derivanti dall'acquisizione di conoscenze che consentano un significativo miglioramento dell'ambiente interno sono rilevanti; è stato calcolato che nei soli Stati Uniti, i benefici relativi alla salute interesserebbero 15 degli 89 milioni di lavoratori in ambienti interni ed i benefici economici, che derivano da un minore assenteismo, da un maggior benessere e da un aumento di produttività, ammonterebbero a diversi miliardi di dollari (25).

L'approccio multidisciplinare ed il ruolo del medico del lavoro

Un'acquisizione di grande rilevanza, maturata nel corso degli ultimi anni, riguarda la **metodologia di intervento** da adottare negli ambienti interni non industriali, sia per affrontare problemi igienico ambientali e sanitari già manifesti, sia a scopo di prevenzione o di ricerca. Infatti è ormai esperienza consolidata che la metodologia classica dell'igiene industriale non appare adattabile ai nuovi ambienti di lavoro e un approccio multidisciplinare e articolato in stadi successivi, risulta molto più produttivo (26). Un **team multidisciplinare** dovrebbe comprendere progettisti (architetti, ingegneri, impiantisti, ...), addetti alla gestione degli edifici (ingegneri, impiantisti, managers), medici del lavoro e altre figure sanitarie esperte, igienisti industriali o, se disponibili, professionisti della qualità dell'aria degli ambienti indoor (13). È fondamentale che le diverse figure professionali abbiano un **coordinamento unitario** di riconosciuta competenza, tale da consentire di interpretare in maniera univoca i risultati del lavoro dei singoli. Gli obiettivi prioritari sono quelli di adeguare le caratteristiche strutturali dell'edificio (e specialmente il sistema di ventilazione) ai migliori canoni progettuali, di far precedere gli accertamenti più complessi da quelli più semplici e meno costosi, di migliorare l'efficienza e l'efficacia della manutenzione.

Il medico del lavoro può e deve avere un ruolo importante per la **prevenzione** e la **diagnosi precoce** delle **malattie correlate con gli edifici** nei lavoratori che operano in ambienti confinati non industriali. L'attività di prevenzione ha un rilievo notevole nell'ambito della gestione generale di queste affezioni. Infatti, una volta che la condizione di malattia o malessere si sia stabilita, le possibilità di trattamento non sono sempre facili o disponibili. L'attività di prevenzione è un compito tipico, anche se non esclusivo, dello **specialista in medicina del lavoro**, il quale deve conoscere le "**malattie correlate con gli edifici**", e avere la capacità di individuarne i sintomi in fase precoce, di contribuire attivamente alla valutazione dei rischi, di stabilire criteri adeguati per la ricollocazione di lavoratori maggiormente sensibili, per cause congenite o acquisite, agli inquinanti dell'aria interna o a condizioni microclimatiche non ottimali. Il medico del lavoro può avere un ruolo centrale, sebbene non esclusivo, se presente come medico competente, anche nella gestione di eventuali episodi di **malattie correlate con gli edifici**, in particolare quelle "**non specifiche**" che, qualora non tempestivamente controllate, possono avere conseguenze molto gravi, sia in ter-

mini economici che sanitari. Tali episodi, che coinvolgono talora contemporaneamente centinaia di persone, richiedono un approccio e una gestione che ormai sono ben conosciuti e standardizzati.

A questo punto c'è da sottolineare un **aspetto rilevante** che può rendere del tutto teorico quanto sopra sostenuto: gli **ambienti di lavoro indoor**, quali ad esempio gli uffici, le scuole, le biblioteche, che accolgono ormai, nei paesi industrializzati e anche in Italia, la gran parte degli occupati, sono comunemente **considerati "sicuri"** e privi di rischi per la salute. Il fattore di rischio che viene abitualmente riportato nei documenti di valutazione è rappresentato dalle apparecchiature munite di videoterminale, perché espressamente previsto dal D.L.vo 626/94 (27).

L'art. 4 (comma 6) del DL.vo 626/94 prevede che il datore di lavoro effettua la **valutazione dei rischi**, ed elabora il relativo documento, con il responsabile del servizio di prevenzione e protezione e con il medico competente, quest'ultimo solo nei casi in cui sia obbligatoria la sorveglianza sanitaria. D'altro canto la sorveglianza sanitaria è obbligatoria (art. 16 DL.vo 626/94) quando il processo di valutazione dei rischi (di natura chimica, fisica, biologica o legata all'organizzazione del lavoro) abbia messo in evidenza un rischio per la salute.

La conclusione paradossale è che spesso il medico del lavoro competente non partecipa alla valutazione dei rischi correlati agli ambienti indoor e alla elaborazione del relativo documento che, pertanto, non prenderà in considerazione alcuno dei fattori di rischio ai quali si è fatto cenno più volte. Questo avrà come conseguenza la mancata nomina del medico del lavoro competente e la non attivazione di tutte le attività che rientrano nella sorveglianza sanitaria, non perché il rischio non esiste ma perché non è stato minimamente preso in considerazione.

In subordine verrà attivata la sorveglianza sanitaria solo per il rischio "uso di attrezzature munite di videoterminali".

Questi aspetti, che sono di primaria importanza sia per riconoscere eventuali disagi e malattie correlate con gli edifici, sia per prevenirle, verranno approfonditi e discussi nell'apposita relazione riguardante la **valutazione dei rischi** e la **sorveglianza sanitaria**.

Conclusioni

Gli ambienti di lavoro confinati non industriali hanno una enorme diffusione nei Paesi industrializzati e presentano caratteristiche che li distinguono in modo assai netto dagli ambienti di lavoro tradizionali, industriali e artigianali. La loro collocazione urbanistica, il design, la struttura ed i materiali impiegati per la costruzione e gli arredi, la frequente presenza di ventilazione artificiale e di condizionamento dell'aria, le attività lavorative degli occupanti e la stessa organizzazione degli spazi e dei compiti lavorativi, possono favorire la comparsa di fattori di rischio per la salute ed il benessere degli occupanti.

I principali fattori di rischio si possono individuare in una ventilazione non adeguata, nella temperatura ed umidità dell'aria eccessive o troppo basse, nello sviluppo o li-

berazione di inquinanti chimici, fisici e biologici, talvolta tra loro interagenti in modo sinergico. Le conoscenze maturate negli ultimi 30 anni, anche a seguito di un notevole interessamento sia del mondo accademico che di Enti istituzionali, consentono di identificare efficacemente le fonti di rischio, di stabilire spesso le concentrazioni potenzialmente pericolose dei diversi inquinanti, di adottare nella maggior parte dei casi rimedi efficaci.

Tuttavia, l'individuazione e la gestione dei numerosi fattori di rischio che possono essere presenti, presuppone una metodologia di approccio agli edifici "con problemi" ben definita, in cui svolge una funzione primaria un team di lavoro interdisciplinare di cui devono far parte tutti i professionisti (ingegneri, architetti, esperti in climatizzazione, medici tossicologi, igienisti industriali ecc.) in grado di individuare le cause delle affezioni lamentate e di realizzare tutti gli interventi necessari a risolvere i problemi connessi. In questo ambito un ruolo di rilievo spetta al medico specialista in medicina del lavoro, per quanto riguarda la valutazione dei rischi, la diagnosi precoce di eventuali malattie correlate con gli edifici, l'eventuale formulazione del giudizio di idoneità al lavoro specifico e la prevenzione di possibili effetti a lungo termine correlati con gli inquinanti dell'aria interna.

Bibliografia

- 1) Ministero della Sanità. Dipartimento della Prevenzione. Piano di prevenzione per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati. Roma 29 Luglio 1999.
- 2) www.istat.it/lav.pdf (consultato il 30-7-2004).
- 3) Menzies D, Bourbeau J. Building-Related Illnesses. *New Engl J Med* 1997; 337 (21):1524-1531.
- 4) Burge PS. Sick Building Syndrome. *Occup Environ Med* 2004; 61:185-190.
- 5) Carrer P, Maroni M, Alcini D, et al. Assessment through environmental and biological measurements of total daily exposure to volatile organic compounds of office workers in Milan, Italy. *Indoor Air* 2000; 10(4): 258-268.
- 6) Maroni M, Seifert B, Lindvall T (eds). *Indoor air quality. A comprehensive reference book*. Elsevier, Amsterdam, 1995.
- 7) Diamond RC. An overview of the U.S. Building Stock. In Spengler JD, Samet JM, McCarthy JF: *Indoor Air Quality Handbook*, McGraw Hill, New York, 2001, 6.3-6.18.
- 8) Harrison PTC. Indoor air quality guidelines. *Occup Environ Med* 2002; 59: 73-74.
- 9) Abbritti G, Muzi G, Accattoli MP, et al. High prevalence of Sick Building Syndrome in a new air conditioned building in Italy. *Arch Environ Health* 1992; 47: 16 - 22.
- 10) Muzi G, dell'Omo M, Abbritti G, et al. Objective assessment of ocular and respiratory alterations in employees in a sick building. *Am J Ind Med* 1998; 34: 79-88.
- 11) Abbritti G, Muzi G, Colangeli C, et al. La Sick Building Syndrome: elevata prevalenza in un edificio di recente costruzione munito di aria condizionata. Atti 52° Congresso Nazionale SIMLII. Palermo 1989, pagg. 1137-1143.
- 12) Muzi G, Abbritti G, Accattoli MP, et al. Prevalence of irritative symptoms in a nonproblem air-conditioned office building. *Int Arch Occup Environ Health* 1998; 71: 372-8.
- 13) Spengler JD, Samet JM, McCarthy JF. Introduction the IAQ Handbook. In Spengler JD, Samet JM, McCarthy JF: *Indoor Air Quality Handbook*, McGraw Hill, New York, 2001, 1.3-1.19.
- 14) Wargocki P, Sundell J, Bischof W et al. Ventilation and health in non-industrial indoor environments: report from a European Multidisciplinary Scientific Consensus Meeting (EUROVEN). *Indoor Air* 2002; 12: 113-128.

- 15) Seppanen OA, Fisk WJ, Mendell MS. Association of ventilation rates and CO₂ concentration with health and other responses in commercial and industrial buildings. *Indoor Air* 1999; 9: 226-252.
- 16) American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers. Ventilation for acceptable indoor air quality. ANSI/ASHAE Addendum 620 to ANSI/ASHRAE Standard 62-2001.
- 17) Reinikainen LM, Jaakkola JJK. Effects of temperature and humidification in the office environment. *Arch Environ Health* 2001; 56 (4): 365-368.
- 18) Reinikainen LM, Jaakkola JJK. Significance of humidity and temperature on skin and upper airway symptoms. *Indoor Air* 2003; 13: 344-352.
- 19) Muzi G, Abbritti G, Madeo G. Rischi e patologia nel lavoro di ufficio. *Acta Medica Mediterranea* 1997; 13S: 145-154.
- 20) Wolkoff P. Volatile organic compounds sources, measurements, emission and the impact on indoor air quality. *Indoor Air* 1995; suppl 3: 9-17.
- 21) <http://www.iarc.fr/pageroot/preleases/pr153a.html> (consultato il 30-7-2004).
- 22) Verrier RL, Mittleman MA. Air Pollution. An insidious and pervasive component of cardiac risk. *Circulation* 2002; 106: 890-892.
- 23) Samet JM. Indoor radon exposure and lung cancer: risky or not?-All over again. *J Cancer Nat Inst* 1997; 89(1): 4-6.
- 24) Bornehag CG, Sundell J, Bonini S, et al. Dampness in buildings as a risk factor for health effects, EUROEXPO: a multidisciplinary review of the literature (1998-2000) on dampness and mite exposure in buildings and health effects. *Indoor Air* 2004; 14: 243-257.
- 25) Mendell MJ, Fisk WJ, Kreiss K et al. Improving the health of workers in indoor environments: priority research needs for a national occupational research agenda. *Am J Public Health* 2002; 92: 1430-1440.
- 26) Abbritti G, Muzi G. Indoor air quality and health effects in office buildings. *Proceedings Healthy Buildings 1995*, vol.1, 185-195.
- 27) Decreto Legislativo 19 Settembre 1994 n. 626. Attuazione delle direttive riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro.