



MINISTERO DELLA SANITA'

DIPARTIMENTO DELLA PREVENZIONE

**Commissione tecnico-scientifica per l'elaborazione di proposte d'intervento
in materia di inquinamento indoor (D.M. 8 Aprile 1998)**

**PIANO NAZIONALE DI PREVENZIONE PER LA TUTELA
E LA PROMOZIONE DELLA SALUTE
NEGLI AMBIENTI CONFINATI**

RELAZIONE PER IL MINISTRO

Ultima revisione marzo 2000

Commissione tecnico-scientifica per l'elaborazione di proposte d'intervento in materia di inquinamento "indoor", istituita presso il Dipartimento della Prevenzione con DM 8 Aprile 1998

Fabrizio Oleari	Dipart.. Prevenzione Ministero. Sanità	Presidente
Marco Maroni	Dipart. Medicina Lavoro. Università di Milano	Vice Presidente
Giovanni Alfredo Zapponi	Laboratorio Igiene Ambientale. Istituto Superiore Sanità	Vice Presidente
Annamaria de Martino	Dipart. Prevenzione Ministero Sanità	Segreteria tecnico-scientifica con compiti di coordinamento
Maria Teresa Smisi	Dipart. Prevenzione Ministero Sanità	Segreteria amministrativa
Giuseppe Abbritti	Istituto Medicina Lavoro Università di Perugia	
Mariano Alessi	Dipart. Prevenzione Ministero Sanità	
Gaetano Alfano	Dipart. Energetica termofluidodinamica applicata e condizionamenti ambientali Università di Napoli	
Adriana Baglioni	Dipart. Disegno Industriale e Tecnologia dell'Architettura Politecnico Milano	
Francesco Bochicchio	Laboratorio Fisica Istituto Superiore Sanità	
Sergio Bonini	Allergologia e Immunologia. Clinica Università di Napoli	
Achille Cittadini	Istituto Patologia. Generale Università Cattolica Sacro Cuore	
Di Livio De Santoli	Dipart. Fisica tecnica Università "La Sapienza" - Roma	
Leonardo Fabbri	Dipart. Medicina Clinica e Speriment. Università di Ferrara	
Francesco Forastiere	Osservatorio Epidemiologico Regione Lazio	

Mariadelaide Franchi	FEDERASMA
Alberto Gentili	Associazione “ARIA”
Armando Muzzi	Cattedra di Igiene Università di Tor Vergata – Roma
Silvana Piermattei	Commissione consultiva radioattività ambientale – ANPA
Giuseppe Spagnoli	Dipart. Igiene Lavoro ISPESL
Vincenzo Strino	Dipart. Prevenzione Ministero Sanità
Giovanni Viegi	Istituto Fisiologia Clinica CNR – Pisa

Collaborazioni

Patrizia Accattoli	Istituto Medicina Lavoro Università di Perugia
Nerina Agabiti	Osservatorio Epidemiologico Regione Lazio
Paolo Carrer	Dipart. Medicina Lavoro – ICP Università di Milano
Carlo Contini	Dipart. Medicina Clinica e Sperim. Università di Ferrara
Rosario Cultrera	Dipart. Medicina Clinica e Sperim. Università di Ferrara
Elena Lo Presti	Osservatorio epidemiologico Regione Lazio
Gianna Moscato	Servizio Autonomo allergologia e immunologia clinica Fondazione “Salvatore Maugeri” - Pavia
Paolo Matricardi	Medicina Aeronautica. e Spaziale Roma
Giacomo Muzi	Istituto Medicina Lavoro Università di Perugia
Elisabetta Rapiti	Osservatorio Epidemiologico Regione lazio

Antonio Scognamiglio Istituto Fisiologia Clinica
CNR – Pisa

Rosabianca Trevisi Dipart. Igiene Lavoro
ISPESL

Revisione Scientifica ed Editoriale

Paolo Carrer Dipart. Medicina Lavoro – ICP
Università di Milano

Annamaria de Martino Dipart. Prevenzione
Ministero Sanità

Rosabianca Trevisi Dipart. Igiene Lavoro
ISPESL

Indice

PREFAZIONE	0
SOMMARIO.....	0
CAPITOLO 1 - IMPORTANZA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NEGLI AMBIENTI CONFINATI ("INDOOR").....	2
1.1 - INTRODUZIONE	2
1.2 - IL PROBLEMA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA INTERNA (IAQ).....	3
1.3 - RELAZIONE INQUINAMENTO INDOOR - OUTDOOR	6
1.4 - LA SITUAZIONE ATTUALE IN ITALIA.....	7
1.5 - LE IMPLICAZIONI SANITARIE E SOCIO-ECONOMICHE DELL'INQUINAMENTO INDOOR.....	8
1.6 - L'IMPATTO DEGLI INQUINANTI INDOOR SULLA SALUTE DELLA POPOLAZIONE ITALIANA.....	10
1.6.1 - <i>Un esempio di valutazione quantitativa di impatto: gli effetti del fumo di tabacco ambientale</i>	10
1.6.2 - <i>Stime dell'impatto sanitario degli inquinanti indoor in Italia</i>	14
<i>L'impatto economico dell'inquinamento indoor in Italia</i>	16
1.7 - CONSIDERAZIONI GENERALI.....	17
1.8 - BIBLIOGRAFIA.....	18
CAPITOLO 2 - EFFETTI SULLA SALUTE E SUL COMFORT AMBIENTALE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA INDOOR.....	20
2.1 - INTRODUZIONE	20
2.2 - EFFETTI CANCEROGENI ASSOCIATI ALL'INQUINAMENTO INDOOR.....	20
2.2.1 - <i>Effetti cancerogeni del fumo passivo</i>	20
2.2.2 - <i>Effetti cancerogeni del radon e dei suoi prodotti di decadimento</i>	21
2.2.3 - <i>Amianto e altre fibre minerali in ambienti confinati</i>	23
2.2.4 - <i>Formaldeide</i>	24
2.2.5 - <i>Benzene</i>	25
2.3 - MALATTIE RESPIRATORIE DA INQUINANTI INDOOR	26
2.3.1 - <i>Fumo di tabacco ambientale (ETS)</i>	26
2.3.2 - <i>Particolato totale sospeso (TSP)</i>	27
2.3.3 - <i>Biossido di azoto (NO₂)</i>	27
2.3.4 - <i>Fumo di legna</i>	27
2.3.5 - <i>Formaldeide</i>	28
2.4 - MALATTIE CARDIOVASCOLARI	28
2.5 - MALATTIE DA INFEZIONI DI ORIGINE INDOOR.....	31
2.5.1 <i>Principali patologie</i>	31
2.5.2 - <i>Studi italiani</i>	33
2.5.3 - <i>Rilevanza sociale</i>	33
2.5.4 - <i>Iniziative per la prevenzione</i>	33
2.5.5 - <i>Possibili linee di ricerca</i>	34
2.6 - MALATTIE DA ALLERGENI INDOOR	35
2.6.1 - <i>Le malattie da allergeni indoor</i>	35
2.6.2 - <i>Predisposizione atopica e soggetti a rischio</i>	36
2.6.3 - <i>Allergeni indoor</i>	36
2.6.4 - <i>Fattori indoor favorenti o scatenanti gli attacchi di allergia</i>	37
2.6.5 - <i>Le dimensioni del problema in Italia</i>	37
2.6.6 - <i>L'impatto socio-economico</i>	38
2.6.7 - <i>Linee di ricerca e di intervento</i>	38
2.7 - LA SINDROME DA EDIFICIO MALATO (SICK BUILDING SYNDROME)	41
2.7.1 - <i>Definizione di Sindrome dell'edificio malato</i>	41
2.7.2 - <i>Fattori causali</i>	41
2.7.3 - <i>La SBS in Italia</i>	44
2.7.4 - <i>Considerazioni conclusive e linee di ricerca</i>	45

2.8 – EFFETTI IRRITATIVI E SUL COMFORT DELLA QUALITÀ DELL’ARIA INDOOR.....	46
2.8.1 <i>Definizione di comfort ambientale</i>	46
2.8.2 - <i>Fattori microclimatici e benessere</i>	46
2.8.3 - <i>Inquinamento indoor e benessere</i>	47
2.9 – LA SINDROME DA SENSIBILITÀ CHIMICA MULTIPLA.....	51
2.10 – INTOSSICAZIONE DA MONOSSIDO DI CARBONIO.....	52
2.11 – EFFETTI DA ESPOSIZIONE AD ANTIPARASSITARI E INSETTICIDI DI USO DOMESTICO.....	53
2.12 - BIBLIOGRAFIA.....	55
CAPITOLO 3 - SORGENTI DEGLI INQUINANTI DELL’ARIA INDOOR. ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE ITALIANA E VALUTAZIONE DEL RISCHIO PER LA SALUTE.....	70
3.1 – LE SORGENTI DI INQUINAMENTO.....	70
3.2 – INQUINATI CHIMICI.....	70
3.2.1 - <i>Ossidi di azoto</i>	71
3.2.2 - <i>Ossidi di zolfo</i>	72
3.2.3 - <i>Monossido di carbonio</i>	72
3.2.4 - <i>Ozono</i>	74
3.2.5 - <i>Particolato aerodisperso</i>	76
3.2.5. - <i>Composti organici volatili</i>	79
3.2.6 - <i>Formaldeide</i>	88
3.2.7 - <i>Idrocarburi aromatici policiclici</i>	89
3.2.8 - <i>Fumo di tabacco ambientale</i>	89
3.2.9 - <i>Fumo di legna</i>	91
3.2.10 - <i>Antiparassitari</i>	91
3.2.11 - <i>Fibre minerali</i>	91
3.3 - AGENTI FISICI.....	92
3.3.1 - <i>Radon</i>	92
3.4 - CONTAMINANTI MICROBIOLOGICI.....	93
3.5 - GLI ALLERGENI INDOOR.....	94
3.5.1 - <i>Acari</i>	95
3.5.2 - <i>Gli allergeni degli animali domestici</i>	98
3.5.3 - <i>Muffe e Funghi</i>	98
3.5.4 - <i>Crescita dei microrganismi nei materiali da costruzione</i>	100
3.5.5 - <i>Allergeni outdoor</i>	101
3.6 - VALUTAZIONE DELLA ESPOSIZIONE PERSONALE IN VARI AMBIENTI INDOOR.....	103
3.7 - BIBLIOGRAFIA.....	108

CAPITOLO 4 - ASPETTI STRUTTURALI E FUNZIONALI DEGLI EDIFICI CONNESSI ALLA QUALITÀ DELL’ARIA INDOOR..... 113

4.1 LOCALIZZAZIONE DEGLI EDIFICI E RAPPORTO CON L’ESTERNO.....	113
4.2 - CONFIGURAZIONE E CARATTERI DISTRIBUTIVI DELL’EDIFICIO.....	115
4.2.1 - <i>Edilizia residenziale</i>	116
4.2.2 - <i>Edifici non residenziali</i>	117
4.3 - ETÀ E CONDIZIONI DEL PATRIMONIO EDILIZIO ABITATIVO: SALUBRITÀ DEGLI EDIFICI.....	121
4.4 - TENDENZE ATTUALI DEL MERCATO DELL’EDILIZIA: SCELTE COSTRUTTIVE E PROBLEMI DI INQUINAMENTO INDOOR.....	123
4.5 - COMPONENTI EDILIZI E ARREDI COME SORGENTI DI INQUINANTI.....	126
4.6 - RIMOZIONE E DILUIZIONE DEGLI INQUINANTI.....	129
4.7 - RAPPORTO TRA VENTILAZIONE E IAQ.....	132
4.8 - VALUTAZIONE DELL’IAQ.....	134
4.9 - STANDARDS SULLA VENTILAZIONE.....	134
4.10 - INFLUENZA DEGLI ALTRI FATTORI MICROCLIMATICI.....	138
4.11 - PROGETTAZIONE, GESTIONE E MANUTENZIONE DEI SISTEMI HVAC.....	140
4.12 - BIBLIOGRAFIA.....	144

CAPITOLO 5 - STRATEGIE PER LA PREVENZIONE DEGLI EFFETTI DELL’INQUINAMENTO INDOOR..... 147

5.1 - PROGRAMMI E RACCOMANDAZIONI INTERNAZIONALI SULLA QUALITÀ DELL’ARIA INDOOR ED ESPERIENZE DI ALTRI PAESI.....	147
5.2 - STANDARD DI QUALITÀ DELL’ARIA INDOOR.....	151
5.3 - LA NORMATIVA COMUNITARIA E ITALIANA, NAZIONALE E REGIONALE.....	156

5.4 - STRATEGIE DI PREVENZIONE DEL RISCHIO PER LA SALUTE LEGATO ALL'ARIA INDOOR	158
5.4.1 - Piano nazionale per la realizzazione di un ambiente indoor sostenibile	158
5.4.2 - Linee strategiche per la realizzazione del Piano.....	159
5.4.3- Predisposizione di dati nazionali per un quadro conoscitivo della IAQ.....	160
5.4.4 - Coordinamento con le eventuali iniziative esistenti	161
5.4.5 - Informazione.....	161
5.4.6 - Formazione.....	162
5.4.7 - Elaborazione di linee guida, standard e protocolli - Istituzione e mantenimento di un registro degli inquinanti indoors.....	162
5.4.8 - Protocolli relativi alla manutenzione dei sistemi di aerazione	163
5.4.9 - Codici costruttivi.....	163
5.4.10 - Identificazione dei prodotti con bassa emissività di inquinanti utilizzati negli ambienti interni - Etichettatura	163
5.4.11 - Accreditalmento degli operatori nella IAQ.....	164
5.4.12 - Sistemi di controllo e verifica delle azioni messe in atto per la realizzazione del Piano	164
5.4.13 - Promozione della ricerca	166
5.4.14 - Normativa.....	167
CAPITOLO 6 - IL PIANO DI PREVENZIONE PER LA TUTELA E LA PROMOZIONE DELLA SALUTE NEGLI AMBIENTI INTERNI.....	169
6.1 L'INQUINAMENTO INDOOR NEL QUADRO DELLA POLITICA SANITARIA NAZIONALE ED INTERNAZIONALE	169
6.2 - IL PIANO DI PREVENZIONE PER LA TUTELA E LA PROMOZIONE DELLA SALUTE NEGLI AMBIENTI INTERNI.....	173
6.2.1 - Principi dell'intervento.....	173
6.2.2 - Obiettivi principali	174
6.2.3 - Strategie di lavoro.....	174
6.2.4 - Azioni proposte a livello normativo e tecnico	176
6.3 - CONCLUSIONI	179
6.4 - RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	179
APPENDICE.....	181
QUADRO NORMATIVO NAZIONALE E COMUNITARIO SULLA IAQ.....	181
NORME TECNICHE NAZIONALI ED INTERNAZIONALI.....	190
Normativa vigente.....	191

Prefazione

Il presente Rapporto elaborato dalla Commissione Tecnico scientifica per l'elaborazione di proposte di intervento in materia di inquinamento indoor, in seguito denominata "Commissione indoor", evidenzia l'esistenza in Italia di situazioni di rischio per la salute, riconducibili all'inquinamento degli ambienti confinati, e propone un Piano di azione per la gestione ed il controllo di tali rischi, nel quadro degli obiettivi di salute pubblica individuato dal Piano Sanitario Nazionale 1998-2000. Nel contesto descritto, la salute umana è elemento essenziale per la valutazione della qualità degli ambienti di vita e di lavoro e criterio di riferimento per uno sviluppo "sostenibile".

Per le attività di prevenzione dei rischi ambientali vengono indicate strategie ed interventi, compatibili con i vincoli economici, sociali e culturali esistenti nel paese. Il Piano prevede, infatti, non solo interventi sugli edifici esistenti e su quelli da costruire, ma anche norme che incidono sul comportamento e lo stile di vita dei cittadini.

Le strategie per la realizzazione del Piano vengono promosse a livello governativo e devono seguire, tra loro opportunamente correlati, i due indirizzi strategici della prevenzione primaria: interventi di tipo normativo ed impositivo ed interventi di tipo educativo e persuasivo. Questi ultimi interventi diventano prevalenti nel caso della IAQ (Indoor Air Quality) e richiedono un adeguato coinvolgimento delle componenti interessate quali: lavoratori (insegnanti, impiegati, ecc.), proprietari e gestori degli stabili, studenti, ingegneri progettisti, architetti, costruttori, ditte interessate alla produzione di materiali da utilizzare negli ambienti interni, aziende costruttrici di impianti di condizionamento, di attrezzature per la casa (fornelli, cucine, stufe, mobili, ecc.), e quelle che sovrintendono alla manutenzione degli stabili. Nel caso della IAQ, l'intimo convincimento di tutti questi "attori" a concorrere, ognuno per la sua parte, alla riduzione dell'inquinamento indoor avrà una efficacia superiore rispetto ad ogni intervento che ponga obblighi e/o divieti di difficile attuazione ed ancora più difficile controllo.

Sommario

Per “ambiente indoor” nel contesto di questa relazione si intendono gli ambienti confinati di vita e di lavoro non industriali, e quindi comprende: le abitazioni, gli edifici pubblici e privati, le strutture comunitarie (ospedali, scuole, caserme, alberghi, banche, etc.), i locali destinati ad attività ricreative e/o sociali (cinema, bar, ristoranti, negozi, strutture sportive, etc.), i mezzi di trasporto pubblici e/o privati (auto, treno, aereo, nave, etc.). I problemi legati all’alterazione della qualità dell’aria indoor si differenziano per molti aspetti da quelli dell’aria esterna. Per questo motivo, è necessario trattare l’inquinamento dell’aria interna (indoor pollution) separatamente da quello dell’aria atmosferica (outdoor pollution).

L’impatto sulla salute della qualità dell’aria interna ha assunto sempre più rilievo in questi ultimi decenni perché la maggior parte della popolazione dei paesi industrializzati trascorre sino al 90% del proprio tempo in ambienti confinati che contengono una grande varietà di sostanze aerodisperse particolarmente nocive per la salute degli occupanti.

Il rischio derivante dall’inquinamento indoor interessa tutta la popolazione e non è limitato a particolari categorie di soggetti. I più esposti sono proprio i gruppi di popolazione più suscettibili (bambini, anziani e persone affette da patologie croniche persistenti), che trascorrono negli ambienti confinati una percentuale di tempo particolarmente elevata. La qualità dell’aria indoor, quindi, rappresenta un problema importante di sanità pubblica ed altrettanto importanti sono le relative implicazioni sociali ed economiche.

La qualità dell’aria degli ambienti indoor è influenzata solo in parte dai livelli esterni di inquinamento, mentre è condizionata in misura maggiore da numerose sorgenti interne che determinano concentrazioni di inquinanti spesso superiori a quelle presenti all'esterno. Negli ultimi decenni si sono verificati profondi mutamenti nella qualità dell’aria degli ambienti confinati, con un progressivo aumento di sorgenti inquinanti, quali nuovi materiali di costruzione e di arredo, strumenti di lavoro e di svago, o presenza di animali domestici; senza trascurare i problemi posti dalle cattive abitudini degli “occupanti” degli edifici, come il fumo di tabacco, l’uso di prodotti da pulizia non idonei, cattiva manutenzione degli impianti, insufficiente aspirazione dei prodotti da combustione dei cibi, etc. Inoltre, l’imposizione di nuovi criteri tecnico-progettuali per gli edifici, con l’obiettivo di contenere i consumi relativi al riscaldamento attraverso un maggior isolamento delle strutture, nonché la crescente diffusione degli impianti di ventilazione e climatizzazione dell’aria, spesso non gestiti correttamente, hanno prodotto una diminuzione del ricambio naturale dell’aria negli ambienti confinati e un aggravamento dei fenomeni di inquinamento interno.

E' stato dimostrato da numerose ricerche scientifiche condotte in diversi paesi che la qualità dell’aria indoor ha riflessi importanti per la salute e per il benessere dell’uomo. L’inquinamento indoor può, infatti, essere causa di una vasta gamma di effetti indesiderati, che vanno da disagio sensoriale, irritazione e secchezza delle mucose, fino a gravi effetti sulla salute, comprese patologie di tipo allergico o infettivo ed anche effetti di tipo cancerogeno.

In particolare la letteratura scientifica in questi ultimi decenni ha messo in luce che alcuni inquinanti, ad esempio il fumo di tabacco ambientale (Environmental Tobacco Smoke, ETS), i prodotti di decadimento del radon, l’amianto ed il benzene, sono in grado di contribuire all’aumento di incidenza di tumori maligni. E' stimato che il 5 - 20% dei casi di neoplasia polmonare in Italia è attribuibile all’esposizione a radon e per quanto riguarda l’esposizione al fumo di tabacco ambientale (Environmental Tobacco Smoke, ETS), si stima che i non fumatori che vivono a

contatto con fumatori hanno un rischio di cancro al polmone aumentato del 30% se confrontati con la popolazione non esposta.

Una larga fascia della popolazione (10-20%) è allergica a sostanze tipicamente presenti negli ambienti interni, quali acari e derivati di animali domestici, con sviluppo di asma e di altre manifestazioni allergiche.

Molti composti chimici presenti nell'aria indoor sono noti o sospettati di causare irritazione o stimolazione dell'apparato sensoriale e possono dare vita a un senso di disagio e ad altri sintomi comunemente presenti nella cosiddetta "Sindrome da Edificio Malato" (Sick Building Syndrome). Studi condotti in uffici e in altri edifici ad uso pubblico quali ospedali, asili e altri edifici destinati a vita comunitaria, hanno rivelato una frequenza dei disturbi tra gli occupanti compresa tra il 15 e il 50%.

Gli incidenti domestici per avvelenamento da monossido di carbonio costituiscono un problema di sanità pubblica rilevante. Ogni anno, infatti, in Italia si verificano centinaia di decessi e di ricoveri ospedalieri per tale causa. Molti di questi casi possono essere prevenuti.

Vi è una limitata conoscenza delle sostanze emesse dai materiali usati negli ambienti indoor e del loro possibile impatto sulla salute. Nel settore delle costruzioni, per esempio, diverse migliaia di composti chimici vengono usati in dosi massicce. Molti di questi composti vengono rilasciati come inquinanti nell'aria e vengono assorbiti dall'organismo. Valutazioni tossicologiche e del rischio per la salute sono disponibili solo per una piccola parte di questi inquinanti.

Il peso sociale legato all'inquinamento dell'aria indoor può essere misurato non solo in termini di disagio umano, malattie e discomfort, ma anche in termini di costi economici, di calo della produttività e del benessere complessivo della popolazione. Per quanto riguarda l'aspetto prettamente economico, la maggiore morbosità nella popolazione dovuta dall'inquinamento indoor incide sulla collettività in termini di costi economici significativi legati all'aumento delle spese relative alle emergenze, ai ricoveri, alle terapie farmacologiche e alle spese ambulatoriali (costi diretti), ai giorni di lavoro e di scuola perduti (costi sociali indiretti). A questi costi si aggiungono anche i costi morali non quantificabili che ricadono sui pazienti ed i loro familiari e ne compromettono la qualità della vita.

Non esiste una stima precisa della rilevanza numerica complessiva degli effetti sanitari attribuibili all'inquinamento indoor in Italia. Tuttavia il danno economico e sociale è molto rilevante. I soli costi diretti per la cura delle affezioni ammontano probabilmente a diverse centinaia di miliardi di lire all'anno. A questi costi va aggiunta la perdita di produttività e di vita sociale attiva. Gli effetti sanitari legati all'inquinamento dell'aria degli ambienti interni sono quindi da considerarsi uno dei problemi di sanità pubblica più rilevante e prioritario nel nostro Paese.

La prevenzione degli effetti sanitari legati all'inquinamento dell'aria degli ambienti di vita e di lavoro, oltre che ridurre gli effetti sanitari connessi e migliorare la qualità della vita, contribuisce alla riduzione della morbosità generale della popolazione.

Nell'ambito degli interventi di sanità pubblica devono essere promosse iniziative, legislative e non, per la prevenzione primaria e secondaria dei rischi legati all'inquinamento dell'aria degli ambienti interni, al fine di garantire alla collettività un adeguato livello di protezione sanitaria.

Una prima serie di interventi riguarda gli aspetti strutturali e funzionali degli edifici strettamente connessi alla qualità dell'aria indoor. Le strategie utilizzabili sono essenzialmente tre, in ordine decrescente di efficacia: riduzione delle sorgenti inquinanti; rimozione degli inquinanti alla fonte di rilascio; introduzione di aria esterna (ventilazione) al fine di diluire la concentrazione degli

inquinanti.

Devono essere sviluppati programmi tesi a migliorare la conoscenza, la comprensione e la percezione della popolazione dei rischi presenti negli ambienti confinati, tradizionalmente considerati “sicuri” (abitazioni, scuola, uffici, ambienti sportivi e ricreativi etc.). L’inquinamento “indoor”, infatti, rispetto a quello “outdoor”, si caratterizza per il particolare coinvolgimento che in esso hanno gli occupanti degli edifici. Questi, infatti, sopportano direttamente le conseguenze negative dell’inquinamento in termini di benessere e qualità della vita ed allo stesso tempo, con i loro comportamenti possono essere responsabili dell’inquinamento stesso. Proprio questo ruolo attivo del cittadino può essere proficuamente utilizzato per realizzare opportune strategie per la gestione del problema, soprattutto attraverso la promozione di comportamenti e stili di vita positivi, improntati sulla protezione ed il miglioramento della salute.

Le iniziative sopra menzionate devono far parte di un Piano di Prevenzione, che concerta in modo organico le azioni per la prevenzione sanitaria con il necessario coordinamento di altre competenze istituzionali, che fornisca linee di indirizzo tecnico, che garantisca la programmazione delle azioni a breve, medio e lungo termine, che assicuri l’utilizzazione razionale delle risorse destinate, e che valuti, infine, il raggiungimento dei risultati.

Gli obiettivi e le azioni contenute nel Piano di Prevenzione per la tutela e la promozione della salute negli ambienti interni sono in linea con gli obiettivi e le azioni del Piano Sanitario Nazionale (PSN) (vedi tabella) e privilegiano interventi di prevenzione, per i quali esiste documentazione scientifica della loro efficacia nel ridurre l’esposizione della popolazione e/o nel ridurre gli effetti sanitari. Gli interventi di prevenzione, inoltre, affrontano in modo prioritario i temi delle disuguaglianze dello stato di salute e favoriscono comportamenti e stili di vita positivi per la salute ed il miglioramento della qualità della vita.

Health for all (HFA) – 2000 dell’OMS, PSN 1998-2000 e Piano di prevenzione per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati

Target del HFA-2000	Obiettivi del PSN 1998 – 2000	Aree di intervento	Obiettivi del Piano di Prev. Indoor	Azioni del Piano di Prev. Indoor
11	I – Promuovere comportamenti e stili di vita per la salute	Fumo di tabacco	Lotta al fumo attivo e passivo. Protezione dei non-fumatori dall’esposizione involontaria al fumo passivo.	Estensione del divieto di fumo nei locali pubblici e negli ambienti di lavoro. Locali per fumatori Informazione, formazione ed educazione sanitaria (specie popolazione in età scolare). Ricerca.
8, 9	II – Contrastare le principali patologie	Malattie cardio e cerebrovascolari	Riduzione del rischio di complicanze cardiache e dell’insorgenza di infarto del miocardio.	Azioni specifiche nei confronti di inquinanti chimici (CO, fumo passivo) Informazione, formazione ed educazione sanitaria.
		Tumori	Riduzione dell’incidenza di tumori, in particolare del cancro polmonare.	Azioni specifiche nei confronti di inquinanti cancerogeni(fumo pass., benzene, radon, amianto, ecc.) Informazione, formazione ed educazione sanitaria. Ricerca.
		Malattie infettive	Riduzione dell’incidenza delle malattie infettive correlate all’inquinamento indoor	Azioni specifiche nei confronti di inquinanti biologici (<i>legionella</i> , <i>b.tuberculare</i> ,etc) Informazione, formazione ed educazione sanitaria. Ricerca.
		Incidenti domestici	Riduzione del numero di incidenti domestici dovuti ad avvelenamento da CO.	Sorveglianza. Sensibilizzazione e informazione. Formazione del personale specializzato. Raccolta, gestione e diffusione dati
		Patologie correlate al lavoro	Salute, benessere e comfort nei luoghi di lavoro. Riduzione dell’incidenza della sick building syndrome.	Azioni specifiche su: aspetti strutturali, funzionali e di gestione degli edifici. Informazione formazione Ricerca.

		Altre malattie di rilievo sociale: malattie allergiche (specie in età pediatrica nelle forme respiratorie), malattie dell'apparato cardiorespiratorio (asma bronchiale e bronchite cronica)	Riduzione della mortalità, morbosità e disabilità causate dalle malattie allergiche e dell'apparato cardiorespiratorio.	Azioni specifiche per la diminuzione della presenza di allergeni indoor, quali: acari della polvere, muffe, ecc. Interventi per il miglioramento delle condizioni abitative (microclima). Informazione, formazione ed educazione sanitaria. Studi epidemiologici. Ricerca.
10-13	III – Migliorare il contesto ambientale	Aria interna	Miglioramento IAQ. Riduzione/abbattimento dell'esposizione della popolazione agli inquinanti (specie bambini, anziani, donne in gravidanza e soggetti a rischio). Riduzione della morbosità per: malattie associate agli edifici (B.R.I), Sindrome da edificio malato (S.B.S), Sindrome da sensibilità chimica multipla (M.C.S). Riduzione del rischio tumori.	Azioni specifiche di tipo tecnico e/o normativo su aspetti strutturali, funzionali e di gestione degli edifici. Azioni specifiche per i prodotti chimici di largo consumo, per i prodotti da costruzione e da arredo. Azioni specifiche per la protezione dei soggetti a rischio. Informazione e sensibilizzazione della popolazione. Educazione sanitaria. Formazione dei soggetti che concorrono al progetto di prevenzione(costruttori, produttori, progettisti, impiantisti, medici, etc). Creazione di un Centro Nazionale di Documentazione Indoor. Sorveglianza epidemiologica malattie correlate all'inquinamento indoor. Ricerca.
		Radiazioni	Riduzione dell'esposizione della popolazione alla radioattività naturale negli ambienti di vita e di lavoro.	Programma di azione nazionale per il radon. Ricerca.
2-3	IV – Rafforzare la tutela dei soggetti deboli	Infanzia e adolescenza, donne in gravidanza Anziani Malati Classi svantaggiate	Ambienti indoor sani e sicuri (abitazioni, scuole, ospedali ecc.). Riduzione dell'esposizione dell'infanzia e delle donne in gravidanza al fumo passivo ed all'inquinamento in genere. Riduzione dell'incidenza delle malattie allergiche nell'infanzia.	Azioni di tipo normativo e/o tecnico. Informazione, formazione ed educazione sanitaria. Ricerca.

Capitolo 1 - Importanza della qualità dell'aria negli ambienti confinati ("indoor")

1.1 - Introduzione

L'espressione "ambiente indoor" nel contesto di questa relazione si riferisce agli ambienti confinati di vita e di lavoro non industriali, ed in particolare, il suo campo d'azione è esteso a tutti i luoghi confinati adibiti a dimora, svago e lavoro. Fra questi ultimi sono compresi i settori lavorativi del terziario che hanno avuto un notevole sviluppo nell'economia moderna delle nazioni più industrializzate. Secondo questo criterio, il termine "indoor" comprende: le abitazioni, gli uffici pubblici e privati, le strutture comunitarie (ospedali, scuole, caserme, alberghi, banche, etc.), i locali destinati ad attività ricreative e/o sociali (cinema, bar, ristoranti, negozi, strutture sportive, etc.) ed infine i mezzi di trasporto pubblici e/o privati (auto, treno, aereo, nave, etc.). Il rischio per la salute delle esposizioni indoor, quindi, può interessare gran parte della popolazione e non è limitato solo a categorie particolari (rischio esclusivamente professionale od occupazionale).

I problemi legati all'alterazione della qualità dell'aria interna (indoor air quality - IAQ) si differenziano per molti aspetti da quelli dell'aria esterna. Per questo motivo, è necessario trattare l'inquinamento dell'aria interna (indoor pollution) separatamente da quello dell'aria atmosferica (outdoor pollution).

L'importanza delle problematiche relative alla qualità dell'aria interna ha assunto sempre più rilievo in questi ultimi anni perchè la maggior parte della popolazione dei paesi industrializzati trascorre sino al 90% del proprio tempo in ambienti confinati.

Secondo una ricerca condotta nel 1998 su un campione di popolazione di Milano (3), nei giorni feriali la popolazione occupata trascorre in media il 59% del tempo a casa, il 35% in ufficio ed il 6 % nei tragitti casa-ufficio. Per alcuni gruppi di persone come bambini, anziani, e ammalati la percentuale di tempo trascorsa in casa è ancora più alta. Un altro studio del 1998, condotto nel Delta del Po (5) ha dimostrato che le persone trascorrono l'84% del loro tempo giornaliero all'interno di ambienti (di cui il 64% in casa), il 3,6% in transito e solo il 12% all'aperto.

L'attenzione ai fattori nocivi per la salute presenti nelle abitazioni ha interessato sin dall'antichità gli architetti e successivamente gli operatori di sanità pubblica. I fenomeni di accentuata urbanizzazione, alla fine del secolo scorso, hanno creato problemi legati al sovraffollamento, alla difesa termica, all'approvvigionamento idrico, all'allontanamento dei rifiuti liquidi e solidi, con la creazione dei cosiddetti "quartieri della tubercolosi", cioè aree in cui il degrado abitativo e le conseguenti disagiate condizioni di vita erano una concausa della malattia, a quel tempo epidemica. Come conseguenza furono predisposti programmi di bonifica delle abitazioni ed

emanate norme igieniche a cui ancora si ispira la legislazione attualmente vigente, in particolare i regolamenti sanitari ed i regolamenti edilizi comunali.

Alla base di questa regolamentazione vi era la convinzione che i fattori naturali, rappresentati dai raggi solari e da una buona ventilazione, fossero da soli sufficienti ad eliminare gli inconvenienti lamentati. Mentre l'importanza di tali fattori è ancor oggi riconosciuta, le mutate condizioni abitative ed ambientali degli anni più recenti hanno evidenziato come queste misure generali, ancorchè utili, non sono più sufficienti da sole a qualificare la igienicità degli ambienti di vita.

In questo secolo, ed in particolare intorno agli anni '50, grande attenzione è stata rivolta allo studio dei fenomeni di inquinamento dell'aria "esterna", di cui ben presto sono state identificate le cause (traffico automobilistico, impianti industriali, impianti di riscaldamento domestico), gli effetti (preoccupante crescita della incidenza di malattie polmonari e neoplastiche) e le eventuali misure di contenimento (lotta all'inquinamento dell'aria cittadina).

Solo negli anni più recenti, di fronte all'accumularsi di informazioni ed esperienze sui danni alla salute causati da una scadente qualità dell'aria interna, oltre all'importanza dell'inquinamento ambientale esterno, è emersa l'esigenza di un approfondimento delle conoscenze relative alle fonti di inquinamento indoor, nonché dei rapporti di causa-effetto tra esposizione e conseguenze sulla salute dell'uomo.

1.2 - Il problema della qualità dell'aria interna (IAQ)

La letteratura scientifica internazionale ha dimostrato che la qualità dell'aria indoor ha riflessi importanti sulla salute e sul benessere dell'uomo. L'inquinamento indoor può essere, infatti, causa di una vasta gamma di effetti indesiderati che vanno dal disagio sensoriale, irritazione e secchezza delle mucose, bruciore agli occhi, cefalea e astenia, fino a gravi danni alla salute, comprese malattie croniche ed effetti di tipo cancerogeno.

Lo scadimento della qualità dell'aria interna è dovuto in parte ai livelli esterni di inquinamento ma, soprattutto, alle numerose sorgenti interne che determinano concentrazioni di inquinanti spesso superiori a quelle presenti all'esterno. A seguito della crisi delle risorse energetiche mondiali negli anni '70, si sono imposti nuovi criteri tecnico-progettuali per gli edifici ad uso civile: la necessità di contenere i consumi per il riscaldamento ha imposto nuovi criteri costruttivi, un maggior isolamento degli edifici ed una diminuzione del numero di ricambi d'aria.

L'uso di infissi sempre più a tenuta ha determinato una diminuzione del ricambio naturale di aria ed il conseguente potenziale aumento degli inquinanti interni, strettamente correlato anche alle attività umane (es. fumo di tabacco) ed alla scelta di nuovi materiali da costruzione e da arredo.

L'inquinamento negli ambienti confinati rappresenta un problema importante per la sanità

pubblica, con grandi implicazioni sociali ed economiche per molteplici motivi. In primo luogo, la prolungata permanenza della popolazione negli ambienti interni di varia natura (casa, lavoro, svago, mezzo di trasporto) e le peculiarità dell'esposizione. Il rischio espositivo non è limitato a categorie ben definite (rischio esclusivamente professionale od occupazionale), ma, oltre ad interessare una parte estesa della popolazione, risulta di particolare gravità per alcuni gruppi più suscettibili quali bambini, anziani e persone affette da patologie croniche (malattie cardiache, respiratorie, asma bronchiale, allergie) che trascorrono negli ambienti chiusi una percentuale di tempo particolarmente elevata.

La letteratura scientifica ha evidenziato un chiaro legame tra esposizione ad inquinanti dell'aria indoor ed effetti sulla salute. Molti inquinanti, infatti, contribuiscono sicuramente a promuovere, causare o aggravare patologie di tipo allergico o infettivo, con prevalente interessamento dell'apparato respiratorio (soprattutto nei bambini).

In particolare il mutamento delle tecniche costruttive degli edifici, la diffusa utilizzazione di sistemi di condizionamento, spesso mal progettati o in cattivo stato di manutenzione, il clima caldo-umido delle abitazioni (favorente la crescita degli acari e di funghi nella polvere domestica) e il fumo passivo, hanno sicuramente contribuito all'aumento della incidenza e della prevalenza di patologie respiratorie croniche, come l'asma, ed all'incremento della loro evoluzione verso forme persistenti, gravi ed invalidanti.

Gli studi scientifici di questi ultimi decenni hanno messo in luce, inoltre, che alcuni inquinanti sono in grado di contribuire all'aumento di incidenza di tumori maligni. Un maggior rischio di cancro al polmone è stato associato all'esposizione al fumo di tabacco ambientale (environmental tobacco smoke, ETS) ed ai prodotti di decadimento del radon. Il cancro al polmone è una malattia grave e con prognosi sfavorevole, sebbene il numero di persone colpite sia inferiore al numero di coloro che hanno contratto malattie respiratorie e allergie, o di coloro che soffrono di effetti irritativi dovuti all'esposizione ad inquinanti indoor.

Il 5-20% dei casi di neoplasia polmonare osservati nella popolazione italiana è attribuibile all'esposizione a radon. Per quanto riguarda l'esposizione al fumo di tabacco (ETS), si stima che i non fumatori, che vivono a contatto con fumatori, sviluppino un rischio di cancro al polmone aumentato del 30%, se confrontati con la popolazione non esposta.

Molti composti chimici presenti nell'aria indoor sono noti o sospettati di causare irritazione o stimolazione dell'apparato sensoriale e possono dare vita a un senso di disagio sensoriale e ad altri sintomi comunemente presenti nella cosiddetta "Sindrome da Edificio Malato" (Sick Building Syndrome). Alcuni studi condotti in uffici e in altri edifici ad uso pubblico in diversi paesi hanno rivelato una frequenza di disturbi tra gli occupanti compresa tra il 15 e il 50%. Gran parte degli occupanti di case, ospedali, asili e altri edifici destinati a vita comunitaria hanno lamentato disturbi legati al deterioramento della qualità dell'aria indoor.

La presenza di miscele di composti organici nell'aria indoor può causare effetti sub-clinici a carico del sistema nervoso periferico e centrale, che portano ad alterazioni del comportamento e

della performance.

Gli effetti sulla riproduzione, sulle malattie cardiovascolari e su altri sistemi e organi non risultano ad oggi essere ben documentati. Tuttavia, alcuni dati mostrano che l'inquinamento indoor può rappresentare un importante cofattore nella genesi delle malattie cardiovascolari e di altre malattie sistemiche. In particolare, l'esposizione a fumo passivo è stata associata ad un aumento di rischio di malattia ischemica cardiaca. In considerazione del fatto che tali malattie hanno una elevata frequenza, anche un piccolo aumento percentuale del rischio può determinare l'insorgenza di migliaia di nuovi casi a livello di popolazione.

Un'attenzione particolare merita il problema degli incidenti domestici per avvelenamento da monossido di carbonio. Ogni anno, infatti, in Italia l'intossicazione acuta da monossido di carbonio è responsabile di centinaia di decessi e di ricoveri ospedalieri, ma, nonostante ciò, il problema è sottostimato e non sufficientemente conosciuto. L'incremento di questo tipo di incidenti, in relazione soprattutto al diffondersi degli impianti autonomi di riscaldamento ed alla presenza di caldaie nei locali abitati, potrebbe essere notevolmente contenuto e molte vite umane potrebbero essere risparmiate mediante una adeguata informazione e formazione degli utenti e del personale tecnico.

Per un'analisi più dettagliata degli effetti sanitari si rimanda al capitolo 2 di questa relazione. In questa sede si vuole sottolineare che l'esposizione combinata ad inquinanti presenti nell'aria degli ambienti confinati è in grado di aumentare il rischio di effetti nocivi per la salute a livelli più elevati di quelli attesi per singole esposizioni, in quanto gli individui possono essere esposti nell'arco di una stessa giornata all'azione nociva di numerosi e diversi inquinanti caratteristici degli ambienti di vita, di lavoro, dei mezzi di trasporto, che possono interagire fra di loro e aumentare il rischio per la salute.

Un altro problema specifico dell'inquinamento dell'aria negli ambienti confinati è relativo alle limitate conoscenze delle sostanze emesse dai materiali usati negli edifici e del loro possibile impatto sulla salute. Nel settore delle costruzioni diverse migliaia di composti chimici vengono usati in dosi massicce. Molti di questi composti vengono rilasciati come inquinanti nell'aria, entrano in contatto con gli individui presenti nell'edificio e vengono assorbiti dall'organismo. Considerazioni analoghe possono essere fatte per i materiali utilizzati nel settore dei trasporti e per i prodotti di largo consumo utilizzati come detersivi, preservanti e materiali per le pulizie nelle abitazioni e in altri tipi di edifici.

Valutazioni tossicologiche e del rischio per la salute sono disponibili solo per una piccola parte di questi inquinanti indoor. Le conoscenze disponibili sull'esposizione della popolazione sono trattate nel capitolo 3 a cui si rimanda per approfondimenti specifici. Gli aspetti tecnici relativi agli edifici ed ai materiali da costruzione sono dettagliatamente trattati nel capitolo 4.

1.3 - Relazione inquinamento indoor - outdoor

L'inquinamento dell'aria atmosferica nei centri urbani è un problema conosciuto da tempo, ma ancora attuale e notevolmente dibattuto sia a livello scientifico che di opinione pubblica. Negli ultimi decenni, tuttavia, l'attenzione del mondo scientifico si è rivolta anche ai problemi derivati dalla contaminazione dell'aria indoor ed è maturata una sempre maggiore sensibilità di tutte le componenti del sistema sociale per i problemi di salute e comfort caratteristici di questi ambienti.

Tali ambienti, nei quali sono svolte le preminenti attività dell'abitare, del lavorare e le altre espressioni del vivere quotidiano, possono contenere una grande varietà di sostanze nocive per la salute. Alcuni inquinanti possono provenire dall'esterno e sono legati all'inquinamento atmosferico, ma la maggior parte di essi sono prodotti all'interno degli edifici stessi.

I livelli di concentrazione che gli inquinanti raggiungono all'interno degli edifici generalmente sono uguali o superiori a quelli dell'aria esterna e soprattutto le esposizioni indoor sono di gran lunga maggiori di quelle outdoor. Tale asserzione è basata su tre considerazioni principali.

- ⇒ *Le concentrazioni degli inquinanti presenti nell'aria non vengono ridotte efficacemente, quando l'aria penetra negli edifici.* L'aria che entra in un edificio per ventilazione meccanica, raramente subisce processi di purificazione che eliminino inquinanti diversi dal particolato, e tali processi hanno un'efficienza di rimozione del particolato fine (con diametro aerodinamico minore di 10 μm e soprattutto minore di 2.5 μm) molto bassa. L'aria che penetra per infiltrazione generalmente viene purificata molto poco, in quanto passa attraverso le fessure presenti negli infissi. Secondo la letteratura, la diminuzione dei livelli degli inquinanti da outdoor a indoor va da 0 al 30% per la maggior parte delle sostanze; per alcune specie reattive come SO_2 , NO_x ed ozono le riduzioni riportate variano nell'intervallo da un 20% fino ad un massimo dell'80%.
- ⇒ *Negli edifici sono presenti le principali sorgenti della maggior parte degli inquinanti indoor.* I dati circa la misura delle emissioni di inquinanti gassosi e di particolato, supportati anche dalle informazioni sulla composizione di migliaia di prodotti per l'edilizia, conferma che le sorgenti indoor forniscono un contributo significativo alla concentrazione ed all'esposizione negli ambienti interni.
- ⇒ *La popolazione trascorre approssimativamente fino a 90% del proprio tempo in ambienti interni.* La quantità di tempo trascorso all'interno rispetto a quello trascorso all'esterno è di un ordine di grandezza maggiore e ciò bilancia l'eventuale diminuzione di concentrazione degli inquinanti, che si può verificare in seguito all'ingresso di aria esterna nell'ambiente confinato. In linea generale, molti studi documentano che, assumendo pari a 100 la dose totale di inquinante dell'aria a cui un soggetto è esposto nell'arco delle 24 ore, oltre il 90% di tale dose è assunto dall'aria interna agli ambienti.

Molti studi di settore hanno dimostrato che i livelli indoor sono maggiori rispetto a quelli outdoor almeno per molte classi di inquinanti, in particolar modo per i VOC. I materiali da costruzione e da arredo, i mobili, le moquettes e le tappezzerie, i collanti usati per la loro installazione, le macchine da ufficio, un grande numero di prodotti di consumo di vario uso, compresi quelli per le pulizie, nonché il fumo di sigaretta, liberano VOC nell'aria indoor.

Uno studio, ancora in via di completamento, condotto dall'IEMB (Indoor Environment Management Branch) dell'EPA (4) ha inteso determinare il rapporto indoor/outdoor (I/O) tra le concentrazioni e tra le esposizioni relativamente a diversi inquinanti dell'aria. L'analisi dei dati ha supportato l'ipotesi che l'esposizione indoor alla maggior parte degli inquinanti considerati supera notevolmente quella outdoor; le concentrazioni indoor riscontrate sono generalmente da 1 a 5 volte maggiori e l'esposizione indoor è da 10 a 50 volte superiore all'esposizione outdoor. Tale risultato è un'inevitabile conseguenza del fatto che il rapporto tra il tempo passato all'interno rispetto a quello trascorso all'esterno è di circa un fattore 10. Occorre, inoltre, tener conto che all'interno sono presenti le sorgenti della maggior parte delle sostanze analizzate e che queste sorgenti indoor possono dare il maggior contributo all'esposizione

1.4 - La situazione attuale in Italia

Problemi particolari di inquinamento dell'aria sono stati documentati in numerose tipologie di edifici quali uffici, scuole, ospedali e altri tipi di edifici ad uso pubblico. In particolare le evidenze più significative ai fini degli effetti sulla salute sono le seguenti:

Fumo di sigaretta. L'esposizione a fumo di sigaretta ambientale riguarda potenzialmente tutta la popolazione negli edifici ad uso pubblico e nei luoghi di lavoro. Almeno un terzo della popolazione è esposto anche in casa. Gli effetti documentati sono molteplici e riguardano l'aumento di incidenza e di prevalenza di malattie respiratorie, l'aumento di probabilità di contrarre il tumore del polmone e l'infarto del miocardio

Radon. La concentrazione media nazionale di radon nelle abitazioni italiane è di circa 75 Bq/m³. In alcune regioni i valori sono mediamente superiori ed una elevata percentuale di abitazioni (anche oltre il 4%) supera il limite di 400 Bq/m³ raccomandato dalla Commissione Europea. Il radon, dopo il fumo di tabacco, è probabilmente il principale singolo agente più importante per l'induzione del cancro del polmone. Si stima infatti che il 5-20% dei tumori polmonari osservati nella popolazione italiana sia attribuibile all'esposizione a radon. La maggior parte dei tumori attribuibili riguarderebbe i fumatori, in quanto radon e fumo di sigaretta si potenziano reciprocamente per l'azione cancerogena.

Amianto e fibre minerali. L'amianto è stato usato come coibentante negli edifici per molti anni nel passato. In ambienti con rivestimenti deteriorati la popolazione può essere esposta al rischio

di inalazione delle sue fibre disperse nell'aria. L'amianto è cancerogeno principalmente per il polmone e per la pleura. Le altre fibre minerali artificiali provocano irritazione della pelle e delle mucose se presenti nell'aria.

Benzene, toluene e altri composti organici volatili (VOC), formaldeide ed altri composti ossigenati. La formaldeide, liberata dai mobili in truciolato o dagli isolanti in resina sintetica, ed altri composti analoghi, irritano l'apparato respiratorio e le mucose già a concentrazioni molto piccole. Anche per questo composto i livelli indoor sono generalmente superiori rispetto a quelli outdoor.

Gas nitrosi e gas prodotti dalla combustione. L'intossicazione acuta da ossido di carbonio causa decine di casi di morte all'anno e numerose intossicazioni meno gravi. L'esposizione protratta a questi gas causa effetti respiratori e sul sistema nervoso.

Particolato aerodisperso. La polvere fine e ultrafine presente nell'aria provoca aumento di frequenza di malattie respiratorie e veicola nel polmone sostanze organiche tossiche e cancerogene. Alcune polveri domestiche sono in grado di indurre sensibilizzazione allergica e asma nella popolazione, in particolare per la presenza di acari.

Batteri, muffe e altri microorganismi. In particolari situazioni gli impianti di ventilazione degli edifici possono diffondere nell'aria indoor germi e causare patologie infettive e tossiche anche mortali. I microorganismi ed i loro derivati possono causare anche patologia allergica agli occhi, naso e vie respiratorie.

Derivati organici di animali e dell'uomo. Una larga fetta della popolazione può diventare ipersensibile a forfora, pelo e altri derivati degli animali domestici, con sviluppo di asma e di altre manifestazioni allergiche. Gli irritanti respiratori possono favorire le crisi asmatiche.

1.5 - Le implicazioni sanitarie e socio-economiche dell'inquinamento indoor

Gli effetti dell'inquinamento indoor sulla salute sono spesso meno conosciuti degli effetti dell'inquinamento outdoor e sono di conseguenza sottovalutati. E' da sottolineare che la qualità dell'aria indoor può agire sia come fattore causale o scatenante della malattia, sia come fattore di aggravamento e di peggioramento di sintomi preesistenti.

Coloro che vivono in ambienti interni non appropriati possono subire conseguenze sulla loro salute e sulla loro qualità di vita. I danni sulla salute possono riguardare tutta la popolazione, ovvero i soggetti più suscettibili (malati respiratori cronici, allergici). Il sistema respiratorio nell'infanzia, in particolare nei primi 6-12 mesi di vita è più suscettibile ai danni legati all'esposizione ad inquinanti ambientali. Parimenti, le persone anziane, specialmente se con una

funzione polmonare già compromessa, possono essere più suscettibili ad alcuni inquinanti dell'aria.

Esistono nel nostro paese importanti differenze nella diffusione delle malattie per strato socioeconomico. Nei ceti più elevati una migliore consapevolezza del problema dell'inquinamento indoor ed un più facile accesso all'informazione ed al trattamento medico possono agire come fattori protettivi.

Le malattie legate agli inquinamenti indoor hanno costi socio-economici elevati, sia per gli individui sia per la società. La richiesta di servizi sanitari e sociali ne risulta accresciuta, così come l'onere finanziario che ne deriva.

Il peso sociale legato all'inquinamento dell'aria indoor può essere misurato non solo in termini di disagio umano, malattie e discomfort, ma anche in termini di costi economici, di calo della produttività e del benessere. Per quanto riguarda l'aspetto prettamente economico la maggiore morbosità nella popolazione causata dall'inquinamento indoor incide sulla collettività in termini di costi economici significativi.

Per esempio, negli Stati Uniti i costi sanitari per le principali malattie da inquinamento indoor sono stimati essere superiori al miliardo di US\$ all'anno (anni 1986-1987) (1). Si stima che il costo annuale per accessi in Pronto Soccorso da parte di bambini asmatici che vivono con fumatori sia superiore ai 200 milioni di US\$ (1).

Relativamente alle implicazioni sul calo di produttività, alcuni studi negli USA hanno evidenziato che l'inquinamento indoor determina complessivamente a livello nazionale una perdita del 3% (corrispondente a circa 15 minuti di lavoro al giorno). I costi annuali determinati da questo calo di produttività risultano compresi tra i 4 e i 5 miliardi di US\$ (1).

Nella maggior parte dei casi, le conseguenze sulla salute dell'inquinamento indoor possono essere evitate e nella maggior parte dei casi sono i cittadini stessi a dover prendere delle misure responsabili per il miglioramento della qualità dell'aria nei luoghi dove vivono (per esempio fumo di sigaretta).

Migliorare la qualità dell'aria indoor significa migliorare la sicurezza delle condizioni abitative (casa, scuola, luoghi di lavoro, ecc.) con conseguente riduzione dei costi socio-sanitari e miglioramento della qualità della vita.

1.6 - L'impatto degli inquinanti indoor sulla salute della popolazione italiana

La valutazione quantitativa dell'impatto della esposizione agli inquinanti sulla popolazione in termini di effetti sanitari, di costi diretti per l'assistenza medica, di impatto economico generale - necessita di molte informazioni sui livelli di esposizione della popolazione, sui rischi individuali ad essi associati, sul costo unitario dell'attività assistenziale sanitaria, sul valore "economico" da assegnare agli anni di vita perduta. È inoltre indispensabile applicare metodologie quantitative rigorose e scientificamente corrette, in gran parte mutuata dalle discipline epidemiologiche (22). Sono tutte condizioni difficili da realizzare, specie nel nostro Paese che non ha una tradizione specifica nelle valutazioni quantitative di impatto.

Vi sono diversi esempi della applicazione di metodologie di "impact assessment" nella valutazione dell'effetto a livello di popolazione degli inquinanti ambientali, in particolare dei contaminanti degli ambienti confinati: si consideri la valutazione dell'impatto della esposizione domestica a radon sulla frequenza di tumore polmonare negli Stati Uniti (15) o in Germania (24), l'impatto della esposizione al fumo ambientale sulla frequenza di tumore polmonare negli USA (27), o la stima del numero di casi di leucemia attribuibili all'esposizione a benzene in Italia (9). Tuttavia, vi sono poche applicazioni della analisi comparativa delle stime di impatto per il complesso degli inquinanti indoor in grado di fornire indicazioni operative sulla dimensione del fenomeno e utili per stabilire le priorità degli interventi di prevenzione.

In un quadro italiano ancora estremamente carente e frammentario, vengono di seguito illustrati gli elementi iniziali per una valutazione comparativa dei rischi e dei costi di vari fattori ambientali.

1.6.1 - Un esempio di valutazione quantitativa di impatto: gli effetti del fumo di tabacco ambientale

Una stima adeguata dell'impatto sanitario degli inquinanti indoor nel nostro Paese necessita di una molteplicità di dati ed informazioni (caratteristiche e frequenza delle esposizioni, coefficienti della relazione dose-risposta specifici per la popolazione italiana) che al momento sono disponibili in modo parziale. Un esempio che ben illustra i dati scientifici e le metodologie necessarie è quello relativo alla stima degli effetti sanitari del fumo di tabacco ambientale. L'esposizione involontaria al fumo di sigaretta rappresenta, infatti, una condizione molto frequente nel nostro Paese; ad essa sono associati effetti diversi nella popolazione pediatrica (riduzione del peso alla nascita dei neonati, malattie respiratorie acute e croniche) ed in età adulta (tumore polmonare, patologia coronarica, sintomi respiratori di tipo cronico). In questa sede è stato stimato l'impatto a livello di popolazione per quegli effetti sanitari tra i bambini e gli

adolescenti (asma bronchiale, sibili respiratori, otite) e gli adulti (tumore polmonare, infarto del miocardio) per i quali vi è una consolidata evidenza scientifica della associazione e sono disponibili i risultati aggiornati di revisioni sistematiche e quantitative (meta-analisi). Malgrado siano disponibili revisioni quantitative degli effetti del fumo passivo sulla morte improvvisa del lattante e sul deficit della funzione polmonare nei bambini, non è stata tentata una valutazione di impatto per queste condizioni sia perché i dati ISTAT sulla mortalità perinatale sottostimano in modo sostanziale il fenomeno sia perché la diminuzione della capacità funzionale polmonare può essere difficilmente caratterizzata in termini di rilevanza clinica.

La tabella 1 illustra le stime del numero di casi di malattia, rispettivamente per i bambini/adolescenti (6-14 anni) e per gli adulti, attribuibili al fumo ambientale in Italia. Il dettaglio dei dati e delle procedure utilizzati per il calcolo è il seguente.

- La colonna (a) della tabella 1 indica il numero di casi di malattia che “normalmente” si verificano in Italia ogni anno, nel caso degli adulti viene specificata la quota che si verifica tra i non-fumatori;
- la colonna (b) indica la percentuale della popolazione esposta a fumo passivo (p);
- la colonna (c) indica i rischi relativi (RR) (e i relativi limiti di confidenza al 95%) derivanti dalle più recenti revisioni quantitative sistematiche;
- la colonne (d) ed (e) indicano la frazione dei casi totali di malattia in Italia attribuibile alla esposizione a fumo passivo e l’ammontare totale di tali casi. Conoscendo la proporzione di soggetti esposti (p) (colonna b) ed il valore del rischio relativo per ciascuna patologia (RR) (colonna c) è possibile stimare l’impatto del fumo passivo, mediante il calcolo del rischio attribuibile di popolazione (PAR%), secondo la formula seguente (Rothman, 1986): $PAR \% = (RR-1) / (RR+1/p-1)$.

I dati sulla prevalenza di asma bronchiale e sulla incidenza annuale di sibili respiratori e di affezioni acute dell’orecchio medio sono stati derivati dallo studio di popolazione SIDRIA (Studi Italiani sui Disturbi Respiratori nell’Infanzia e l’Ambiente), condotto in 10 aree italiane nel 1994-95 su un campione di oltre 40.000 bambini di 6-7 anni e ragazzi di 13-14 anni (20) (asma=5.7%; sibili respiratori=9.0%, otite=8.6%). Tali dati sono stati applicati alla popolazione della fascia di età tra i 6 e i 14 anni, come registrata nel Censimento del 1991 (circa 5.7 milioni), in modo da calcolare il numero di casi prevalenti o incidenti. La prevalenza dell’abitudine al fumo di sigarette dei genitori dei bambini ed adolescenti italiani dell’età indicata è stata stimata ancora sulla base dello studio di popolazione SIDRIA (6). La stima del rischio relativo associato alla esposizione a fumo passivo per ciascuna condizione in età pediatrica (asma, sibili, otite) è stato tratto dalle revisioni quantitative e sistematiche realizzate sugli specifici argomenti e pubblicate negli ultimi due anni sulla rivista Thorax (10).

Tabella 1.1 - Casi di malattie respiratorie nei bambini e negli adolescenti, tumore polmonare ed infarto del miocardio negli adulti attribuibili all'esposizione a fumo passivo in Italia per anno

Esito	Casi/anno tra i non-fumatori (a)	% pop. esposta (b)	RR (c)	95% CI (c)	Casi attribuibili	
					% (d)	N (e)
Bambini ed adolescenti (6-14 aa)						
Asma bronchiale (prevalenza)	325.629	53,0	1,21	(1,10-1,34)	10,0	32613
Sibili respiratori (incidenza annuale)	514.152	53,0	1,24	(1,17-1,31)	11,3	58020
Otite media (incidenza annuale)	491.300	53,0	1,35	(1,0-1,6)*	15,6	76876
Adulti						
Tumore del polmone (mortalità)						
Fumo del coniuge						
Maschi	346	14,6	1,24	(1,13-1,36)	3,4	12
Femmine	2.459	69,3	1,24	(1,13-1,36)	14,3	351
Totale						362
Ambienti di lavoro						
Maschi	346	62,4	1,39	(1,15-1,68)	19,6	68
Femmine	2.459	28,9	1,39	(1,15-1,68)	10,1	249
Totale						317
Infarto del miocardio (mortalità)						
Fumo del coniuge						
Maschi	11.638	12,0	1,25	(1,17-1,32)	2,9	338
Femmine	10.837	23,7	1,25	(1,17-1,32)	5,6	607
Totale						945

(a) Decessi tra le persone non-fumatrici della popolazione Italiana stimati sulla base dei dati ISTAT, 1994; prevalenza ed incidenza di malattie respiratorie nei bambini (dati SIDRIA, 1995).

(b) % popolazione dei non-fumatori esposta a fumo passivo; dati Istat (1995), dati SIDRIA (1995), dati dello studio caso-controllo italiano sul tumore polmonare (Torino, Veneto, Roma). Per stimare la popolazione esposta a rischio di infarto, i dati ISTAT sulla prevalenza di fumatori sono stati corretti per la percentuale di soggetti sposati (80%) e diminuiti di un fattore 0.85 per tener conto dell'aggregazione dei fumatori tra i coniugi.

(c) rischio relativo (e limiti di confidenza al 95%) di morte/malattia associato all'esposizione a fumo passivo derivante da meta-analisi

(d) % dei casi di decesso/malattia attribuibili ogni anno all'esposizione a fumo passivo in Italia

(e) numero dei casi di decesso/malattia attribuibili ogni anno all'esposizione a fumo passivo in Italia; *range delle stime

Le revisioni hanno preso in considerazione i lavori pubblicati fino al 1998 ed i risultati sono in accordo con quelli del recente rapporto della Environmental Protection Agency della California (17). Per quanto riguarda l'asma bronchiale, ad esempio, è stato stimato un rischio relativo di 1.21 (95%CI= 1.10-1.34) per i soggetti esposti rispetto ai soggetti non esposti. Sulla base delle informazioni e dei metodi indicati, ogni anno in Italia il 10% (pari a più di 30.000 soggetti) dei casi di asma bronchiale tra bambini ed adolescenti è attribuibile al fumo dei genitori. Si può stimare, inoltre, che in più di 50.000 soggetti in età pediatrica si manifestano episodi di sibili respiratori a causa della esposizione al fumo di sigarette dei propri genitori e che sono attribuibili a questa esposizione più di 75.000 casi di infezioni dell'orecchio medio. Le valutazioni quantitative precedenti, in ogni caso, sottostimano la dimensione reale del fenomeno perché non considerano altre fonti di esposizione al fumo nelle mura domestiche (altri familiari) e non tengono conto della molteplicità della patologia delle vie aeree superiori ed inferiori che può essere dovuta a questa esposizione ambientale.

La stima del numero di casi di tumore polmonare e di infarto del miocardio negli adulti attribuibili alla esposizione a fumo passivo (da parte del coniuge o in ambiente di lavoro) segue procedure analoghe. È stato necessario, in questo caso, stimare il numero di casi che ogni anno avvengono nella popolazione in Italia tra i soggetti non-fumatori, dal momento che non avrebbe senso stimare l'impatto del fumo passivo tra i fumatori. Sono stati utilizzati i rischi attribuibili derivanti da studi di popolazione sulla associazione tra fumo attivo e tumore polmonare (in Italia il 93% dei tumori polmonari tra gli uomini e 26% tra le donne sono attribuibili al fumo attivo) ed infarto del miocardio (rischio attribuibile=20.7% per gli uomini, 11.7% per le donne). La numerosità dei fumatori nella popolazione generale e l'ammontare dei decessi per queste cause sono stati tratti dai dati ISTAT 1995. La stima della popolazione esposta a fumo passivo (del coniuge o in ambiente di lavoro) è stata desunta dai dati appositamente raccolti in uno specifico studio caso-controllo condotto in tre aree italiane (Torino, Veneto, Roma) nell'ambito di una iniziativa multicentrica della IARC (8). Per stimare la popolazione esposta a rischio di infarto, i dati ISTAT sulla prevalenza di fumatori in Italia sono stati corretti per la percentuale di soggetti sposati (80%) e diminuiti di un fattore 0.85 per tenere conto dell'aggregazione dei fumatori tra i coniugi (se fuma il marito è più probabile che la moglie fumi, e viceversa). Le stime di rischio relativo per tumore polmonare associato a fumo passivo da parte del coniuge (13) e per esposizione in ambiente di lavoro (28), nonché le stime di rischio relativo per infarto del miocardio (14) sono tutte basate su revisioni molto recenti.

La metodologia sopra descritta suggerisce che ogni anno in Italia muoiono circa 360 persone per un tumore polmonare causato dal fumo del coniuge e più di 300 soggetti muoiono per la stessa malattia per effetto della esposizione a fumo nell'ambiente di lavoro. L'esposizione al fumo passivo del coniuge causa poco meno di 1.000 decessi per infarto del miocardio. In tutti i casi la quota attribuibile è maggiore nel sesso femminile perché è più elevata la percentuale dei non fumatori, ovvero è maggiore la quota delle persone esposte.

1.6.2 - Stime dell'impatto sanitario degli inquinanti indoor in Italia

L'agenzia per la protezione ambientale degli Stati Uniti (Environmental Protection Agency, EPA) ha proposto un approccio interessante e indubbiamente utile - specie nelle situazioni in cui i dati di base sono carenti - per classificare e valutare l'impatto dei fattori indoor sulla salute della popolazione (EPA, 1990). Vengono distinte le esposizioni che interessano una parte rilevante dei cittadini (ad esempio, superiore al 10%) ed esposizioni riguardanti un numero limitato di soggetti;

gli effetti per la salute vengono classificati in affezioni di rilevante gravità (malattie croniche, morte) ed effetti minori (malattie lievi, disturbi, fastidi). Ne deriva una matrice (effetti gravi e diffusi, gravi e in numero limitato, lievi e diffusi, lievi ed in numero limitato) che può fornire una guida operativa per le indicazioni di priorità.

Sulla base dei suggerimenti della EPA, e considerando che per alcuni inquinanti - specie quelli associati ad effetti meglio indagati e più gravi - è possibile una prima approssimativa valutazione del rischio, è stata elaborata una stima grezza dell'impatto di alcuni fattori di rischio nella realtà italiana (tabella 1.2). La tabella considera solo i pochi inquinanti molto diffusi (allergeni, radon, fumo di tabacco ambientale, benzene, monossido di carbonio) e che producono effetti molto gravi sulla salute. Risulta, invece, prematura una stima di impatto per altri inquinanti (o altri effetti) meno diffusi (o più lievi); gli effetti considerati sono quelli per i quali esiste una adeguata evidenza scientifica sulla causalità della associazione. Alle stime di impatto deve essere necessariamente associato un range di variazione che dipende dalle molteplici assunzioni e dalla variabilità dei dati disponibili. In questa prima approssimazione si è ritenuto di poter fornire solo le stime minime ("at least approach") del numero di casi di malattia o di decesso attribuibili ogni anno in Italia agli inquinanti considerati. In sostanza, il numero di casi attribuibili è probabilmente superiore, ma è si è preferito un approccio valutativo conservativo.

Uno dei capitoli senz'altro più rilevanti è rappresentato dalle malattie allergiche (asma bronchiale, rinite allergica, dermatite atopica) che colpiscono una quota rilevante della popolazione in età giovanile ed adulta. Gli allergeni indoor (acari della polvere, muffe, scarafaggi e forfore di animali domestici) sono estremamente diffusi e possono essere responsabili di una proporzione considerevole delle malattie allergiche. Nel caso dell'asma bronchiale, ad esempio, vengono attribuiti ad una specifica condizione di predisposizione allergica (atopia) circa la metà dei casi di malattia (18). In tale prospettiva, saranno almeno 160.000 i bambini e gli adolescenti (6-14 anni) affetti da patologia asmatica in Italia la cui malattia è attribuibile alla contaminazione ambientale negli ambienti chiusi.

Il rischio di tumore polmonare da radon nelle abitazioni italiane può essere calcolato sulla base dei dati di esposizione stimati durante l'indagine nazionale sulla radioattività ambientale, che indica una esposizione media di popolazione pari a 75 Bq/m^3 (29). Allo stato attuale delle conoscenze, il rischio di tumore polmonare per l'intera vita, per una esposizione cronica ad una concentrazione di radon di 100 Bq/m^3 , è stimabile in circa l'1%, con un'incertezza complessiva probabilmente inferiore ad un fattore tre. Tenendo conto che ogni anno in Italia ci sono circa 30.000 decessi per tumore polmonare, si può stimare che da 1.500 a 6.000 casi possano essere attribuibili all'esposizione domestica al radon.

Della esposizione al fumo di tabacco ambientale si è già diffusamente parlato e la tabella 1.2 riassume in modo sommario la valutazione prima esposta. Dal momento che molte persone sono esposte al fumo passivo, anche se il rischio relativo delle malattie esaminate associato al fumo passivo è basso, il numero di persone che ne possono essere affette è molto elevato. In particolare, la voce "infezioni respiratorie delle vie aeree superiori ed inferiori" comprende tutti quei casi (ad esempio otite) per i quali il fumo passivo rappresenta un fattore eziologico rilevante.

Il benzene costituisce un inquinante degli ambienti chiusi per il quale la Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale (9) ha stimato il rischio individuale di leucemia in Italia. Il numero dei casi attribuibili alla esposizione a benzene è compreso tra i 36 e i 190 casi all'anno.

Infine, le intossicazioni da CO causano circa 500-600 morti l'anno e almeno un terzo sono attribuibili ad intossicazioni involontarie per fuoriuscita del gas da caldaie per il riscaldamento autonomo, scaldabagni, stufe, e cucine a gas.

L'impatto economico dell'inquinamento indoor in Italia

Ogni malattia ha per la società dei costi diretti, relativi alle spese mediche per l'assistenza sanitaria (ricoveri ospedalieri, farmaci), dei costi indiretti dovuti alla perdita della capacità produttiva degli individui affetti, e dei costi difficilmente quantificabili associati ad una peggiore qualità della vita. La valutazione dei costi per la società attribuibili all'inquinamento indoor dovrebbe tenere conto dunque non solo della spesa per l'assistenza sanitaria, ma anche del complesso delle conseguenze economiche del peggioramento dello stato di salute. Si consideri, ad esempio, l'asma bronchiale i cui costi maggiori per la società sono probabilmente rappresentati dai giorni di scuola o di lavoro persi. Per ragioni di semplicità, tuttavia, verranno considerati in questa sede solo i costi diretti che il sistema sanitario sopporta a causa dell'inquinamento indoor.

Il costo del trattamento di malattie croniche di natura allergica, come l'asma bronchiale, è stato indagato con estremo dettaglio in vari paesi europei. L'asma bronchiale ha un costo sanitario rilevante per la necessità di farmaci, il ricorso al medico e al pronto soccorso, e la necessità di ospedalizzazione nei casi più gravi; tutti questi fattori fanno in modo che la spesa sanitaria si aggiri intorno al milione di lire per caso per anno. Se i casi attribuibili all'inquinamento indoor - in particolare allergeni e fumo passivo - sono, come prima indicato, diverse decine di migliaia l'impatto sarà di diverse decine di miliardi per ogni anno.

Vi è stato un lungo dibattito scientifico negli ultimi anni sui costi sanitari del fumo attivo - anche a causa delle vicende giudiziarie negli Stati Uniti - che ha prodotto numerose valutazioni dei costi sanitari per il trattamento del tumore polmonare. Vari studi sono concordi nell'attribuire ad un caso di tumore polmonare un costo medio di circa 20.000 dollari (12) (circa 35 milioni di lire); questa stima è compatibile con le competenze previste per il rimborso dell'assistenza ospedaliera con il sistema di pagamento prospettico (DRG) in Italia, pari a circa 5 milioni per ogni ricovero e 14 milioni per un intervento chirurgico (Decreto Ministeriale 30-giugno 1997). Al costo di 35 milioni per caso, l'impatto economico del fumo passivo sul tumore polmonare è stimabile in almeno 18 miliardi l'anno. Il radon, ha un impatto di gran lunga più rilevante, pari a 52-210 miliardi l'anno.

Il costo del trattamento di un caso di infarto del miocardio varia a seconda della sopravvivenza del paziente e delle cure mediche e/o chirurgiche a cui è sottoposto. Le tariffe previste dal sistema DRG nel nostro Paese attribuiscono ad un ricovero per questa patologia un rimborso compreso tra i 6.5 e i 9.5 milioni. Stime in altri paesi indicano in circa 20.000 dollari il costo del trattamento di un infarto del miocardio (19). Sulla base di questi dati, attribuendo a tale patologia il costo medio di 15 milioni per caso, la spesa relativa ai circa 1000 casi attribuibili alla esposizione a fumo ambientale è di circa 15 miliardi l'anno.

Per quanto riguarda l'assistenza ai pazienti affetti da leucemia, i costi del ricovero ospedaliero in Italia, secondo il sistema di pagamento per DRG, sono compresi tra 7 e i 18 milioni per una leucemia cronica, e tra i 14 e i 38 milioni per una leucemia acuta. In altri paesi, i costi del trattamento per un caso di leucemia variano tra i 20.000 e i 60.000 dollari (23). Assumendo una spesa individuale per caso di 40 milioni, i costi sanitari relativi ai casi di leucemia attribuibili alla esposizione al benzene sono compresi tra 1 e 7 miliardi/anno.

Le intossicazioni acute da ossido di carbonio, infine, hanno un costo previsto per l'assistenza ospedaliera di 4.8 milioni a caso. L'impatto dei 200 casi in Italia per anno sarà dunque solo di poco inferiore al miliardo di lire.

Tabella 1.2 - Valutazione quantitativa dell’impatto sulla salute della popolazione e dei costi diretti (in Lire) per l’assistenza sanitaria attribuibili ogni anno agli inquinanti indoor in Italia

Inquinante	Malattia	Impatto sanitario	Costi diretti
Allergeni (acari, muffe, forfore animali)	Asma bronchiale (bambini/adolescenti)	>160.000 casi prevalenti /anno	>160 miliardi
Radon	Tumore del polmone	1.500- 6.000 decessi /anno	52-210 miliardi
Fumo di tabacco ambientale	Asma bronchiale (bambini/adolescenti)	>30.000 casi prevalenti/anno	>30 miliardi
	Infezioni acute delle vie aeree sup. ed inf.	>50.000 nuovi casi/anno	non valutabile
	Tumore del polmone	>500 decessi /anno	>18 miliardi
	Infarto del miocardio	>900 decessi/anno	>15 miliardi
Benzene	Leucemia	36-190 casi/anno	1-7 miliardi
Monossido di carbonio (CO)	Intossicazione acuta da CO	>200 decessi/anno	1 miliardo

1.7 - Considerazioni generali

Sulla base di quanto indicato si rileva l’importanza dell’inquinamento indoor come tema rilevante in sanità pubblica, per le sue ricadute sulla collettività, non solo socio-sanitarie ma anche economiche. La prevenzione degli effetti sanitari legati all’inquinamento dell’aria degli ambienti confinati di vita e di lavoro oltre a migliorare la qualità della vita risulta vantaggiosa ai fini economici in quanto contribuisce alla riduzione della morbosità nella popolazione.

A tal fine, nell’ambito della sanità pubblica devono essere sviluppati programmi miranti al miglioramento dei livelli di conoscenza, di comprensione e di percezione da parte della popolazione dei rischi presenti negli ambienti confinati, tradizionalmente considerati “sicuri” (abitazioni, scuola, uffici, ambienti sportivi e ricreativi etc.) e devono essere promosse iniziative, legislative e non, per la prevenzione primaria e secondaria dei rischi legati all’inquinamento dell’aria al fine di garantire alla collettività un elevato livello di protezione sanitaria.

Nel definire le strategie di prevenzione primaria bisognerà privilegiare la consapevolezza dei cittadini, per aumentare le possibilità di controllo dei rischi. L’inquinamento “indoor”, infatti, rispetto a quello “outdoor”, si caratterizza per il particolare coinvolgimento che in esso hanno gli occupanti degli edifici. Questi, infatti, sopportano direttamente le conseguenze negative dell’inquinamento in termini di benessere e qualità della vita ed allo stesso tempo, con i loro comportamenti possono essere responsabili dell’inquinamento stesso. Proprio questo ruolo attivo del cittadino può essere proficuamente sfruttato per realizzare opportune strategie per la gestione del problema, soprattutto attraverso la promozione di comportamenti e stili di vita positivi, improntati alla salute.

L'importanza e l'urgenza per ogni Paese di dotarsi di un Piano nazionale di prevenzione per gli effetti sulla salute degli ambienti indoor è stata recentemente sottolineata dall'Organizzazione Mondiale della Sanità che ha diffuso nel 1999 una pubblicazione specificamente destinata alle strategie con le quali tale Piano dovrebbe essere sviluppato (30).

1.8 - Bibliografia

1. Maroni M., Seifert B., Lindvall T. (eds) (1995), "Economic implications of indoor air quality and its regulation and control", in *Indoor Air Quality. A Comprehensive Reference Book*, Elsevier, Amsterdam, 947-972.
2. Relazione sullo stato di salute del Paese (1996). Ministero della Sanità Servizio Studi e Documentazione.
3. Carrer P., Alcini D., Cavallo D., Lovato L., Vercelli F., Visigalli F., Bollini D., Ghaladar R., Maroni M. (1997), "Esposizione personale giornaliera ad agenti aerodispersi in lavoratori d'ufficio", in *Acta Medica Mediterranea*, 13S, 165-170.
4. United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, "Inside IAQ. EPA's Indoor Air Quality Update" (1998).
5. Simoni M., Biavati P., Carrozzi L., et al. (1998), "The Po River Delta (North Italy) Indoor Epidemiological Study: home characteristics, indoor pollutants, and subjects' daily activity pattern", in *Indoor Air 1998*, 8:70-79.
6. Agabiti N, Mallone S, Forastiere F, Corbo GM, Ferro S, Renzoni E, Sestini P, Rusconi F, Ciccone G, Viegi G, Chellini E, Piffer S, and the SIDRIA collaborative group. The impact of parental smoking on asthma and wheeze. *Epidemiology*, 1999 (in press).
7. Anderson HR, Cook DG. Passive smoking and sudden infant death syndrome: review of the epidemiological evidence. (2). *Thorax* 1997; 52: 1003-1009.
8. Boffetta P, Pershagen G, Jockel KH, Forastiere F, Gaborieau V, Heinrich J, Jahn I, Kreuzer M, Merletti F, Nyberg F, Rosch F, Simonato L. Cigar and pipe smoking and lung cancer risk: a multicenter study from Europe. *J Natl Cancer Inst* 1999; 91(8):697-701
9. Camoni I, Mucci N, Foà V. Advice of the Italian CCTN on the health risk assessment relative to exposure to automobile emissions. Istituto Superiore di Sanità, Roma, 1998, Serie Relazioni 98/3.
10. Cook DG, Strachan DP. Summary of effects of parental smoking on the respiratory health of children and implications for research (10). *Thorax* 1999; 54: 357-366.
11. Cook DG, Strachan DP. Parental smoking and prevalence of respiratory symptoms and asthma in school age children. (3) *Thorax* 1997; 52: 1081-1094.
12. Goodwin PJ, Shepherd FA. Economic issues in lung cancer: a review. *J Clin Oncol* 1998 Dec;16(12):3900-12
13. Hackshaw AK, Law MR, Wald NJ. The accumulated evidence on lung cancer and environmental tobacco smoke. *BMJ* 1997;315:980-988

14. He J, Vupputuri S, Allen K, et al. Passive smoking and the risk of coronary heart disease B A meta-analysis of epidemiologic studies. *N Engl J Med* 1999;340:920-6.
15. Lubin JH, Steindorf K. Cigarette use and the estimation of lung cancer attributable to radon in the United States. *Radiat Res* 1995 Jan;141(1):79-85
16. Office of Environmental Health Hazard Assessment. Health Effects of Exposure to Environmental Tobacco Smoke. Final Report. 1997. Sacramento, CA,
17. Pearce N, Pekkanen J, Beasley R. How much asthma is really attributable to atopy? *Thorax* 1999 Mar;54(3):268-72
18. Peterson ED, Cowper PA, DeLong ER, Zidar JP, Stack RS, Mark DB. Acute and long-term cost implications of coronary stenting. *J Am Coll Cardiol* 1999 May;33(6):1610-8
19. Renzoni E, Sestini P, Corbo G, Biggeri A, Viegi G, Forastiere F on the behalf of the SIDRIA Collaborative Group. Asthma and respiratory symptoms in 6-7 yr old Italian children: gender, latitude, urbanization and socioeconomic factors. *Eur Respir J* 1997; 10: 1780-1786.
20. Rothman KJ. *Modern Epidemiology*. Little Brown, 1986.
21. Samet JM, Schnatter R, Gibb H. Epidemiology and risk assessment. *Am J Epidemiol* 1998 Nov 15;148(10):929-36
22. Stalfelt AM, Brodin H. Costs over time in conventional treatment of acute myeloid leukaemia. A study exploring changes in treatment strategies over two decades. *J Intern Med* 1994 Oct;236(4):401-9
23. Steindorf K, Lubin J, Wichmann HE, Becher H. Lung cancer deaths attributable to indoor radon exposure in West Germany. *Int J Epidemiol* 1995 Jun;24(3):485-92.
24. Strachan DP, Cook DG. Parental smoking and lower respiratory illness in infancy and early childhood. (1). *Thorax* 1997; 52: 905-914.
25. Strachan DP, Cook DG. Parental smoking, middle ear disease and adenotonsillectomy in children. (4). *Thorax* 1998; 53: 50-56.
26. US Environmental Protection Agency (EPA). Respiratory health effects of passive smoking: Lung cancer and other disorders. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office. 1992. EPA/600/006F.
27. Wells AJ. Lung cancer from passive smoking at work. *Am J Public Health* 1998 Jul;88(7):1025-9.
28. XIII Censimento generale della popolazione, 1991. *Annuario Statistico Italiano* 1997. Cause di morte, 1994 - ISTAT, 1997.
29. Bochicchio F, Campos Venturi G, Nuccetelli C, Piermattei S, Risica S, Tommasino L, torri G. Results of the representative italian national survey on radon indoors. *Health Phys.* 71 (5): 743-750; 1996.
30. WHO – Strategic approaches to indoor air policy-making. WHO European Centre for Environment and Health, Bilthoven 1999

Capitolo 2 - Effetti sulla salute e sul comfort ambientale della qualità dell'aria indoor

2.1 - Introduzione

Le patologie aventi un quadro clinico ben definito e per le quali può essere identificato uno specifico agente causale presente nell'ambiente confinato vengono incluse nel gruppo delle cosiddette "**Malattie associate agli edifici o Building-related illness (B.R.I.)**". Sono comprese le patologie causate da specifici agenti biologici, chimici e fisici (polveri, formaldeide, radon, amianto, ecc.); nel complesso si tratta di effetti sulla salute a carico dell'apparato respiratorio, cute, mucose esposte, sistema nervoso e sistema immunologico.

Inoltre particolare attenzione è stata recentemente rivolta al possibile **rischio di tumori** legato alla presenza negli ambienti indoor di composti con dimostrata evidenza di cancerogenicità. I principali cancerogeni che possono essere presenti negli ambienti indoor sono il fumo di sigaretta, il radon e l'amianto; è stato ipotizzato che anche l'inquinamento indoor da composti organici volatili (es. formaldeide, benzene) possa costituire un significativo rischio cancerogeno per i soggetti che trascorrono molto tempo in ambienti confinati e contribuisca in modo significativo al rischio cancerogeno complessivo della popolazione generale.

Infine, tra le patologie determinate dall'esposizione ad agenti indoor, le forme più frequenti comprendono quadri clinici caratterizzati da effetti neurosensoriali che determinano condizioni di malessere, diminuzione del comfort degli occupanti e percezione negativa della qualità dell'aria. In questo contesto la "**Sindrome dell'edificio malato o Sick-Building Syndrome (S.B.S.)**" viene definita come una sindrome caratterizzata da sintomi che vengono lamentati dalla maggior parte degli occupanti di un edificio.

Un quadro patologico particolare è la "**Sindrome da sensibilità chimica multipla o Multiple Chemical Sensitivity syndrome (M.C.S.)**" che comprende una sindrome caratterizzata da reazioni negative dell'organismo a agenti chimici ed ambientali presenti a concentrazioni generalmente tollerate dalla maggioranza dei soggetti.

2.2 – Effetti cancerogeni associati all'inquinamento indoor

2.2.1 - Effetti cancerogeni del fumo passivo

I primi studi epidemiologici sulla relazione tra tumore polmonare ed esposizione a fumo passivo sono del 1981. Hirayama riportò i risultati di uno studio prospettico condotto su una coorte di 91.540 donne non fumatrici in Giappone (1). I rapporti standardizzati di mortalità (SMR) per tumore del polmone aumentavano in modo statisticamente significativo con la quantità di sigarette fumate dal coniuge. Questo risultato non poteva essere spiegato da fattori di confondimento e risultò invariato anche dopo l'estensione del follow-up (2). Sempre nel 1981, Trichopoulos e coll.

suggerirono un aumento di rischio di tumore polmonare in donne non fumatrici sposate a fumatori sulla base di uno studio caso-controllo ad Atene (3). Anche in questo caso, i risultati rimasero invariati dopo un allargamento della popolazione in studio (4).

Nel 1986, sulla base delle evidenze epidemiologiche disponibili, vennero pubblicati tre rapporti che concludevano che il fumo passivo è una causa del tumore polmonare. L'Agencia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) dell'Organizzazione Mondiale della Sanità concludeva che "il fumo passivo fa aumentare il rischio di cancro". Tale conclusione era basata sulle caratteristiche del "mainstream smoke" e del "sidestream smoke", nell'assorbimento di materiale del fumo di tabacco durante l'inalazione involontaria, e nella natura della relazione dose-risposta a supporto di un ruolo specifico per la carcinogenesi documentata dagli studi epidemiologici (5). Nello stesso anno, anche due rapporti americani, rispettivamente del *National Research Council* (6) e del *Surgeon General* (7), conclusero che il fumo passivo aumenta l'incidenza di tumore del polmone tra i non fumatori..

Nel 1992, l'*Environmental Protection Agency* (EPA), sulla base di una meta-analisi degli studi pubblicati fino a quel momento, classificò il fumo passivo come carcinogeno di classe A, cioè un carcinogeno umano noto (9). La valutazione dell'agenzia americana si basava sulle evidenze tossicologiche sul fumo passivo e sull'abbondante letteratura sul fumo attivo. Complessivamente, l'analisi trovò un rischio significativamente più elevato di tumore polmonare in donne non fumatrici sposate con uomini fumatori; per gli studi condotti negli Stati Uniti la stima del rischio relativo era 1.19 (90% IC: 1.04-1.35).

Dopo la valutazione dell'EPA del 1992, molti altri studi sono stati pubblicati negli Stati Uniti. Lo studio multicentrico di Fontham e coll. (10) è il più grande rapporto americano ad oggi con 651 casi e 1253 controlli. Lo studio ha messo in evidenza un aumento significativo del rischio relativo complessivo (Odd Ratio, OR: 1.26; 95% IC: 1.04-1.54). Dallo studio risultò anche un rischio statisticamente significativo associato ad esposizione al fumo passivo in ambiente lavorativo.

La meta-analisi più recente, sugli effetti dell'esposizione a fumo passivo, è del 1997 e comprende 37 studi (11). L'eccesso di rischio per tumore polmonare nei non fumatori sposati a fumatori è stimato essere pari al 24% (95% IC: 13%-36%). L'aggiustamento per potenziali distorsioni ed il potenziale effetto di confondimento della dieta non modificò sostanzialmente la stima.

Una delle discussioni più importanti in termini di ricerca e di possibile impatto sanitario ha riguardato il possibile ruolo della esposizione a fumo passivo in ambienti di lavoro. Una meta-analisi recente (12) ha concluso che, sulla base dei cinque studi di tipo caso controllo che hanno valutato questo tipo di esposizione, esiste un rischio aggiuntivo di tumore polmonare (OR: 1.39, 95% IC:1.15-1.68) non spiegato da fattori di distorsione e non spiegabile sulla base di fattori dei confondimento noti.

Sono stati di recente pubblicati i risultati di uno studio multicentrico condotto in Europa, coordinato dalla IARC, al quale ha partecipato l'Italia con tre centri (Torino, Veneto, e Roma) studiando complessivamente 650 casi di tumore polmonare in non fumatori e 1542 controlli (13). L'indagine ha confermato l'aumento di rischio per l'esposizione al fumo del coniuge (OR:1.16, 95% IC: 0.93-1.44) e l'esposizione al fumo passivo in ambienti di lavoro (OR:1.17, 95% IC:0.94-1.45).

2.2.2 - Effetti cancerogeni del radon e dei suoi prodotti di decadimento

Il radon dà origine ad una serie di prodotti di decadimento. Dal punto di vista sanitario i più importanti sono i primi quattro (Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214), caratterizzati da un tempo di

dimezzamento inferiore ai 30 min., e che vengono solitamente chiamati *prodotti di decadimento del radon* o *figli del radon*. Questi radionuclidi, a differenza del radon, si attaccano a particelle di aerosol, e solo una piccola parte di essi rimane in forma non attaccata (o *libera*), a seconda della concentrazione di aerosol e della ventilazione. Quando il radon ed i suoi prodotti di decadimento vengono inalati, la maggiore dose al tessuto polmonare viene rilasciata dalle radiazioni alfa emesse dai figli del radon, soprattutto quelli liberi o attaccati a particelle di aerosol di piccole dimensioni, mentre il contributo del radon stesso è relativamente piccolo. Il radon, in sostanza, agisce soprattutto come trasportatore e sorgente dei suoi prodotti di decadimento, ma per brevità spesso si usa ugualmente parlare degli effetti sanitari del radon, che invece sono dovuti ai suoi prodotti di decadimento. Il radon ed i suoi prodotti di decadimento sono stati classificati dallo IARC (International Agency for Research on Cancer, dell'Organizzazione Mondiale della Sanità) nel gruppo 1 dei cancerogeni (14), cioè nel gruppo di sostanze per le quali vi è evidenza sufficiente di cancerogenicità sulla base di studi su esseri umani, in questo caso sulla base degli studi su coorti di minatori. L'unico effetto sanitario finora accertato del radon e dei suoi prodotti di decadimento è l'aumento di rischio di tumore polmonare.

Le prime segnalazioni sul possibile effetto cancerogeno della esposizione al radon sono relative a studi su minatori. Le più recenti stime di rischio effettuate analizzando insieme i dati di 11 coorti di minatori (per un totale di circa 68 000 minatori e di 2700 tumori polmonari) attribuiscono all'effetto del radon e dei suoi prodotti di decadimento circa il 40% dei tumori polmonari riscontrati in tali coorti (16). È stato verificato che vi è una relazione lineare tra l'esposizione ai prodotti di decadimento del radon ed eccesso di rischio per tumore polmonare e vi è un'effetto sinergico tra esposizione a radon e fumo di sigaretta, la cui entità è però alquanto incerta.

L'attenzione per i possibili rischi cancerogeni collegati alla presenza del radon nell'aria delle abitazioni, ed in altri luoghi chiusi non sotterranei, è più recente. Inizialmente sono stati realizzati una serie di studi di tipo ecologico (16,17), affetti da intrinseci limiti metodologici, cui sono seguiti più appropriati studi analitici. Ad oggi sono stati realizzati numerosi studi caso-controllo su esposizione a radon nelle abitazioni e rischio di tumore polmonare, in Nord-Europa (Svezia, Finlandia, Inghilterra), Nord-America (Canada e Stati Uniti) e Cina (19-33). Anche se molte indagini, specie quelle condotte in aree con livelli di radon non elevati, hanno fornito risultati generalmente complessivamente contrastanti, l'indagine nazionale svedese (30) e, più recentemente lo studio caso-controllo inglese (33), che del resto comprendevano il più elevato numero di casi e di controlli, hanno messo in evidenza un eccesso di rischio statisticamente significativo.

Va sottolineato però che tutti questi studi sono inevitabilmente affetti da incertezze, le quali rendono molti risultati, apparentemente diversi, compatibili tra loro. Per cercare di evidenziare degli andamenti comuni, Lubin e Boice (34) hanno effettuato nel 1997 una meta-analisi degli otto studi con più di 200 casi. È emerso un incremento di rischio di tumore polmonare statisticamente significativo (Rischio Relativo, RR=1.14 con 95% CI=1.0-1.3) associato alla concentrazione media di radon di 150 Bq/m³ durante il periodo di esposizione nelle abitazioni. Tale incremento di rischio è compatibile con quello stimato dagli studi di coorte di minatori di miniere sotterranee, selezionando i minatori con bassi valori di esposizione, confrontabili con quelli tipici delle abitazioni. Gli stessi autori della meta-analisi concludono, comunque, che la pooled-analysis dei dati delle indagini svolte e di quelle in corso potrà dare un risposta molto più esauriente alle diverse questioni legate al rischio da radon in ambienti domestici. I risultati della recente indagine inglese, condotta nelle aree della Cornovaglia e di Devon su un campione di 982 casi e 3185 controlli (33), concordano pienamente con i dati della meta-analisi di Lubin e Boice. Darby e coll. hanno infatti riscontrato un eccesso di rischio pari a 0.08 (95% CI -0.03, 0.20) per un aumento di 100 Bq/m³ nella media pesata della concentrazione di radon nelle abitazioni in cui i soggetti avevano vissuto nei 35 anni prima della diagnosi. La stima di rischio era più alta quando si teneva conto delle incertezze

nella stima della esposizione.

Attualmente sono in corso, in stadi più o meno avanzati, studi caso controllo in diverse aree Europee per un totale di circa 7200 casi e 11200 controlli. Per quanto riguarda l'Italia, è in corso uno studio nel Lazio, per la maggior parte concentrato nell'area di Roma (35). Questi studi sono caratterizzati dall'uso di protocolli molto simili che ne facilitano il confronto e permettono una più efficace analisi globale dei dati. Tra le caratteristiche principali dei protocolli vanno menzionati: l'uso di rivelatori a tracce per la misura della concentrazione di radon, generalmente esposti in due locali per un anno; la misura delle case abitate negli ultimi 35 anni; la validazione istologica o citologica delle diagnosi di tumore polmonare; la raccolta di dati dettagliati sull'esposizione a fumo attivo, e talvolta anche passivo. L'analisi pooled dei dati degli studi europei includerà anche gran parte dei 3600 casi e 6600 controlli degli studi già pubblicati, per un totale di circa 10000 casi e 17000 controlli. Per quanto riguarda il resto del mondo, sono in corso indagini in Nord America, in particolare in alcuni stati degli Stati Uniti (Missouri, Utah e Idaho, Florida, Connecticut, Iowa) e nel Canada, per un totale di circa 3500 casi e 4300 controlli, che si aggiungono ai 2000 casi e 2700 controlli delle indagini già concluse.

Oltre al tumore polmonare sono stati studiati altri effetti sanitari. Per quanto riguarda la popolazione generale, è stato suggerito, sulla base di indagini epidemiologiche di tipo ecologico, il legame tra l'esposizione al radon e l'insorgenza di leucemie mieloidi, tumori del rene, tumori della prostata e melanomi (36). Indagini successive di tipo analitico, tuttavia, non sono riuscite a mettere in evidenza un effetto specifico del radon per altri tumori (37), per le leucemie infantili (38) e per le leucemie dell'adulto (39). Al momento, dunque, eventuali effetti sanitari del radon diversi dal tumore polmonare non sono considerati sufficientemente comprovati.

L'analisi complessiva delle indagini concluse e di quelle in corso dovrebbe ridurre le incertezze associate alle stime di rischio, che però rimarranno rilevanti per quel che riguarda il rischio per i non fumatori, dovuto al fatto che le indagini in questione hanno arruolato un numero molto ridotto di casi non fumatori, e spesso in zone con valori non alti di concentrazione di radon indoor. Va evidenziata a questo proposito la situazione molto peculiare dell'Italia, in cui vi sono diverse regioni (in particolare Lazio, Lombardia e Friuli-Venezia Giulia) con valori medio-alti di concentrazione di radon negli edifici, nonché una percentuale rilevante, tra i casi di tumore polmonare, di donne che non hanno mai fumato. La concomitanza di queste condizioni permette l'effettuazione di un'indagine epidemiologica in cui si possa arruolare in pochi anni un numero sufficiente di casi per stimare adeguatamente il rischio per i non fumatori, che, in una auspicabile prospettiva di sensibile riduzione dell'abitudine al fumo, rappresenta il dato più importante per stimare l'impatto sanitario dell'esposizione della popolazione al radon.

2.2.3 - Amianto e altre fibre minerali in ambienti confinati

E' ormai noto alla comunità scientifica internazionale che l'esposizione a fibre di amianto produce un aumentato rischio di patologie polmonari come pneumoconiosi, cancro del polmone e mesotelioma. In particolare la IARC classifica l'amianto nel gruppo 1, cioè nel gruppo di sostanze per le quali vi è evidenza sufficiente di cancerogenicità nell'uomo. Per quanto riguarda il tumore polmonare vi è un effetto sinergico con l'esposizione a fumo di sigaretta e vi è evidenza di un aumentato rischio correlato alle dosi di asbesto inalate; per quanto riguarda il mesotelioma, non vi è relazione con il fumo di sigaretta e vi è evidenza di casi di tumore anche per dosi molto basse di asbesto (1,3,4,5).

Le progressive ingravescenti preoccupazioni per la salute, anche della popolazione generale, legate all'utilizzo dell'amianto hanno stimolato la ricerca, e conseguente produzione, di altri materiali fibrosi artificiali in grado di sostituire vantaggiosamente l'asbesto nelle sue eccellenti proprietà tecniche e nelle sue differenti applicazioni industriali, senza rappresentare un pericolo per la salute dell'uomo.

I diversi tipi di materiali fibrosi naturali ed artificiali sono suddivisi in fibre artificiali minerali (*man made mineral fibers*, MMMF) e in fibre artificiali organiche (*man made organic fibers*, MMOF). Le MMMF comprendono a loro volta diversi tipi di materiali fibrosi, tra cui in particolare le fibre vetrose artificiali (*man made vitreous fibers*, MMVF) e le fibre ceramiche. Alla luce delle evidenze attualmente disponibili, le MMMF sono risultate caratterizzate da una minore attività biologica delle rispetto all'asbesto, tanto negli effetti fibrotici quanto in quelli neoplastici.

Sulla base principalmente di studi sperimentali, peraltro condotti mediante impianto del materiale nell'organismo degli animali da laboratorio, l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha classificato nel 1987 i materiali lana di vetro, lana di roccia, lana di scoria e fibre ceramiche quali "agenti potenzialmente cancerogeni per l'uomo", allocati nella categoria "2B" secondo i criteri stabiliti dalla *International Agency for Research on Cancer* di Lione (2).

Successivi studi sia sperimentali, che epidemiologici attuati in popolazioni professionalmente esposte, hanno portato ad una rivalutazione della classificazione adottata dall'Unione Europea: per la "lana di roccia/scoria, produzione" è prevista etichettatura di pericolosità quale "T, R49" (tossico, cancerogeno per inalazione), mentre per la "lana di vetro, produzione" è prevista etichettatura di pericolosità quale "Xn, R40" (nocivo, possibilità di effetti irreversibili).

2.2.4 - Formaldeide

Gli effetti irritanti acuti e cronici della formaldeide (FA) sono ben noti e l'attività genotossica è stata dimostrata in diversi sistemi biologici (4).

La FA è stata classificata dallo IARC come un probabile cancerogeno per l'uomo (gruppo 2A) (2). Studi su animali hanno dimostrato che alte concentrazioni di FA possono causare danni irreversibili all'epitelio nasale dei ratti e che in alcuni casi ratti esposti a queste concentrazioni sviluppavano tumori nasali (3). È stato valutato il rischio occupazionale di tumore (1970-84) in 265 fabbriche danesi in cui era stata documentata l'esposizione alla FA: l'aumento del rischio riguardava il carcinoma epidermoidale del naso per il quale il rischio relativo era 2.3 (intervallo di confidenza del 95%=1.3-4.0) per gli uomini e 2.4 (0.6-6.0) per le donne. Nel sottogruppo degli operai senza probabile esposizione alla polvere di legno, il maggiore fattore confondente, il rischio relativo per questo tipo di tumore era 3.0 (1.4-5.7). Si è pertanto concluso che l'esposizione alla FA può incrementare il rischio di tumore del naso, ma probabilmente non influenza l'insorgenza di altri tipi di tumore (1).

L'azione cancerogena della formaldeide sarebbe legata in particolare ad alterazioni flogistiche, dell'epitelio nasale. Il rischio potenziale sarebbe quindi trascurabile per concentrazioni ≤ 2 ppm di esposizione ambientale e sarebbe correlato ad una concentrazione ≥ 6 ppm che si è rivelata sufficiente ad indurre alterazioni flogistiche, rigenerative e degenerative nell'epitelio nasale animale (5).

2.2.5 - Benzene

L'esposizione a benzene rappresenta un importante problema ambientale ed occupazionale. Si tratta di un composto che esercita notevoli effetti tossici e la sua presenza nell'aria è di estrema importanza, in quanto questo veicolo è la principale via di ingresso del benzene nell'organismo.

Gli effetti tossici del benzene sono stati accuratamente investigati in modelli animali. L'esposizione acuta al benzene è tossica per il sistema ematopoietico; gli effetti seguenti all'esposizione comprendono una diminuita cellularità del midollo osseo, una inibizione della crescita delle cellule staminali, ed un aumentato numero di micronuclei. Questi effetti sono specie dipendenti, essendo i topi più sensibili al benzene rispetto ai ratti. L'esposizione cronica al benzene è cancerogena sia per i ratti che per i topi ed è leucemogena per i topi.

Studi epidemiologici su lavoratori di industrie in cui il benzene era utilizzato come solvente hanno evidenziato una estrema varietà di effetti ematotossici, comprendenti anemia, leucopenia e trombocitopenia. Inoltre, l'esposizione professionale prolungata ad alte concentrazioni di benzene è stata associata con lo sviluppo di leucemie, in particolare la leucemia mieloide acuta (4).

A livello internazionale sono state effettuate diverse stime di incremento di rischio cancerogeno per il tempo di vita per un'esposizione continuativa a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di benzene ("Unit risk") i cui valori sono compresi tra 2.2×10^{-6} per $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e 7.8×10^{-6} per $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2); ne deriva che per concentrazioni dell'ordine di $13\text{-}45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vi sarebbe un caso di tumore su 10.000 soggetti causato dall'esposizione a benzene.

A livello nazionale si segnala inoltre che la Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale ha stimato che il numero di casi di leucemia in Italia attribuibili alla esposizione a benzene sarebbe compreso tra i 36 e i 190 casi all'anno (1).

2.3 – Malattie respiratorie da inquinanti indoor

L'apparato respiratorio rappresenta la porta d'ingresso di vari contaminanti aerei presenti nell'aria di ambienti confinati. Verranno di seguito descritti gli effetti sull'apparato respiratorio in relazione ai principali inquinanti indoor (tabella 2.1).

2.3.1 - Fumo di tabacco ambientale (ETS)

Molti studi pubblicati fino alla seconda metà degli anni ottanta hanno dimostrato una associazione tra l'esposizione al fumo passivo ed un incremento della frequenza di sintomi respiratori cronici e di episodi infettivi acuti nei bambini (1). In particolare, il fumo dei genitori aumenta il tasso di ospedalizzazione per malattie respiratorie nei primi 18 mesi di vita; inoltre, bambini di età maggiore di 2 anni esposti al fumo subiscono maggiori restrizioni delle loro attività e finiscono col trascorrere periodi più lunghi a letto a causa di malattie respiratorie (2). L'ETS è associato ad un aumento dell'incidenza di respiro sibilante e, tra i bambini asmatici, ad una maggiore gravità della malattia (3). ETS può contribuire ad un ridotto sviluppo della funzione polmonare ventilatoria (4), sebbene le conseguenze a lungo termine di tali cambiamenti necessitano di ulteriori indagini (5,6). Il fumo materno è stato associato ad una riduzione media del 3-8% del normale incremento dei parametri respiratori: particolarmente evidente nei soggetti maschi è risultata la riduzione del tasso di crescita del volume espiratorio massimo nel primo secondo (FEV_1) (1). Le funzioni polmonari dei bambini alla nascita possono essere ridotte persino in seguito ad esposizione intrauterina (7). E' plausibile ritenere che un'insufficiente maturazione dell'apparato respiratorio, dovuta all'esposizione in utero, possa predisporre gli individui allo sviluppo di broncopneumopatie croniche ostruttive (BPCO) nel corso della loro vita.

L'influenza del fumo passivo sull'apparato respiratorio, intesa come prevalenza di sintomi cronici, come accelerato declino della funzione polmonare ventilatoria o come rischio di sviluppare BPCO appare meno rilevante nei soggetti adulti (8). Se taluni Autori hanno rilevato un decremento del FEV_1 in non fumatori esposti (9), altri ricercatori non hanno riscontrato una relazione tra esposizione e declino della funzione polmonare ventilatoria (10). Lo studio svizzero SAPALDIA ha concluso per una significativa associazione tra sintomi respiratori cronici e presenza di ETS con un meccanismo dose-dipendente in relazione alle ore giornaliere di esposizione (11). Significativa appare l'esposizione al fumo passivo all'interno degli ambienti di lavoro con un conseguente decremento della funzione respiratoria in soggetti adulti (12). In adulti asmatici l'esposizione domestica e lavorativa è in grado di determinare un peggioramento dei sintomi respiratori ed un decremento della funzione polmonare ventilatoria (8).

Anche la ricerca epidemiologica italiana, attraverso lo studio di soggetti di età compresa tra gli 8 ed i 20 anni, ha confermato il ruolo del fumo passivo nel favorire l'insorgenza di infezioni respiratorie e sintomi respiratori. I bambini i cui genitori sono fumatori presentano iperreattività bronchiale significativamente aumentata rispetto a bambini i cui genitori non fumano, soprattutto tra le femmine; questo potrebbe aumentare il rischio di sviluppare patologia asmatica nel corso dell'infanzia (13,14). E' rilevante il fatto che anche esposizioni occasionali, a bassi livelli di inquinante, sembrano in grado di produrre effetti avversi sulla salute respiratoria dei bambini (15). Negli adulti è stata rilevata una lieve riduzione della funzione polmonare ventilatoria; in particolare, donne non fumatrici sposate a fumatori hanno presentato una siffatta riduzione oltre a una maggiore incidenza di sintomi respiratori cronici (16, 17, 18).

2.3.2 - Particolato totale sospeso (TSP)

Incrementi delle concentrazioni di particelle sospese nell'ambiente "indoor" sono risultati associati ad un' aumentata incidenza di sintomi respiratori delle basse vie aeree nei bambini (19,20). In una recente pubblicazione Abbey et Al. (21) hanno riportato, in soggetti maschi con storia familiare di BPCO, un' associazione tra incremento delle particelle nell'aria e decremento del FEV₁.

Per quanto riguarda le esperienze italiane, indagini condotte a Pisa e nel Delta del Po (22) hanno mostrato nello studio di Pisa che i valori medi settimanali di particolato erano significativamente associati a sintomi di bronchite ed asma nella stagione invernale; nella stagione estiva il particolato è risultato significativamente associato a sintomi asmatici (23). Nel Delta del Po il particolato ha influito sulla variabilità del picco di flusso espiratorio in maniera rilevante in entrambe le stagioni di studio (24). Nell'area pisana i valori medi della variazione diurna del picco di flusso espiratorio sono risultati aumentati in relazione con elevati livelli di PM_{2,5} e biossido di azoto (NO₂) (25).

2.3.3 - Biossido di azoto (NO₂)

E' stato riscontrato un aumento del rischio per sintomi respiratori correlato con la presenza nell'ambiente di apparecchi a gas nei bambini (26). Inoltre, l'esposizione all'NO₂ durante l'infanzia pare abbassare la soglia di sensibilizzazione a vari allergeni (27). Numerosi studi confermano l'associazione tra sintomi respiratori cronici come tosse o dispnea ed esposizione all'NO₂ ambientale, soprattutto tra le donne e i bambini (19,28). Assai più controversa appare al momento la relazione tra tale esposizione ed il declino della funzione respiratoria ventilatoria (29).

Ricerche analoghe effettuate in Italia hanno rimarcato il ruolo dell'NO₂ nell'aumentare, in bambini asmatici, il numero e la gravità di episodi di broncospasmo e nel modificare in senso negativo la risposta alla terapia antiastmatica (30). In indagini effettuate nella zona di Pisa sono state trovate significative associazioni della presenza di stufe a gas, del riscaldamento ad aria forzata e dell'uso del propano per cucinare e riscaldare con la presenza di sintomi respiratori cronici come tosse ed asma in uomini non fumatori e sibili, dispnea, disturbi cardiovascolari ed attacchi di difficoltà di respiro accompagnati da sibili in donne non fumatrici (31). Nel Delta del Po i tassi di prevalenza di tosse cronica negli uomini e dispnea nelle donne sono risultati significativamente più alti in presenza di cucine che utilizzavano gas propano invece che gas metano. Tosse cronica ed espettorato negli uomini e dispnea nelle donne sono risultati significativamente associati alla presenza di stufe per riscaldamento (32). Effetti avversi dell'ambiente domestico sui sintomi e le funzioni respiratorie sono stati evidenziati anche sui giovani non fumatori del medesimo campione (33). Da rimarcare il fatto che l'uso di cucine a gas, assai diffuse nel nostro paese rispetto alle cucine elettriche, è risultato correlato a notevoli incrementi delle concentrazioni di NO₂ all'interno delle abitazioni (34).

2.3.4 - Fumo di legna

Studi effettuati tra popolazioni adulte di basso sviluppo socioeconomico hanno indicato una

relazione tra esposizione a prodotti della combustione della legna e prevalenza di bronchite cronica (35,36). Altre ricerche confermano che l'esposizione al fumo di legna costituisce un fattore di rischio per lo sviluppo di BPCO (37).

Nel Delta del Po, considerando i soggetti non fumatori, la combustione della legna è risultata significativamente associata a tosse cronica, espettorato cronico e sibili negli uomini e dispnea nelle donne (17).

2.3.5 - Formaldeide

E' stato ipotizzato che la formaldeide possa essere causa di asma occupazionale, attraverso un meccanismo di sensibilizzazione specifica o attraverso induzione di broncocostrizione, anche se i risultati di numerosi studi, in larga parte sperimentali, siano controversi (38). La formaldeide è risultata in grado di provocare episodi acuti in soggetti asmatici in particolari ambienti di lavoro oppure in condizioni sperimentali, in condizioni di concentrazioni di tale inquinante superiori rispetto a quelle comunemente rilevate negli ambienti domestici (39, 40).

2.4 – Malattie cardiovascolari

Le esposizioni a monossido di carbonio (CO) ed a fumo passivo (Environmental Tobacco Smoke – ETS) sono state associate ad effetti cardiovascolari nell'uomo ed, in particolare, alla malattia ischemica del cuore (Coronary Heart Disease – CHD). Quest'ultima comprende un ampio spettro di manifestazioni cliniche, delle quali le più rilevanti sono l'infarto del miocardio, l'angina pectoris e la morte improvvisa che interviene in soggetti senza precedenti anamnestici di CHD.

Il monossido di carbonio esercita la sua influenza principalmente attraverso il legame con l'emoglobina circolante verso la quale ha un'affinità molto maggiore di quella dell'O₂. Pertanto, anche a concentrazioni relativamente basse di CO nell'aria, una quantità apprezzabile di O₂ (5 - 10%) è spiazzata dal legame emoglobinico. Organi con una elevata domanda di ossigeno, quali il cervello, il cuore ed i muscoli in lavoro, sono particolarmente sensibili alla esposizione a CO.

E' stato suggerito che l'esposizione a bassi livelli di CO possa ridurre il tempo di insorgenza del dolore (rispettivamente, toracico o agli arti) nei pazienti con affezioni delle arterie coronariche o periferiche, quando facciano un esercizio fisico. A livelli più alti, gli effetti cardiaci comprendono aritmie ed infarto del miocardio. Poichè l'effetto più importante della esposizione a CO è comunque rappresentato dalla intossicazione acuta, per il quale è previsto un capitolo specifico, in questa sezione si tratterà esclusivamente degli effetti della esposizione a fumo passivo.

É stata ben documentata una associazione causale tra fumo attivo ed effetti fatali e non fatali delle CHD (1); un aumento di rischio relativo sia per la mortalità che per la morbosità è stato riportato per i due sessi e per le diverse fasce di età. Altrettanto documentata è la relazione dose – effetto: il rischio aumenta con l'incremento del numero di sigarette fumate e con la durata dell'esposizione al fumo attivo. Al contrario, l'interruzione dell'abitudine al fumo porta ad una rapida riduzione del rischio per CHD. Il fumo attivo favorisce le malattie ischemiche del cuore attraverso vari meccanismi: la promozione dell'aterosclerosi, l'aumento della tendenza alla trombosi, lo spasmo

delle arterie coronarie, l'aumento di probabilità di aritmie cardiache e la diminuzione della capacità di trasporto periferico dell'ossigeno (2).

Tab. 2.1-Inquinanti degli ambienti confinati e loro effetti sulla salute respiratoria dei soggetti esposti

INQUINANTE	FONTI	EFFETTI SULLA SALUTE	
		Bambini	Adulti
<u>Fumo di tabacco ambientale (ETS)</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Fumo di tabacco 	<ul style="list-style-type: none"> ◆Incremento della frequenza di sintomi respiratori cronici ◆Incremento della frequenza di episodi infettivi acuti ◆Iperreattività bronchiale (aumentato rischio di sviluppare patologia asmatica) ◆Malattia più severa nei soggetti asmatici ◆Ridotto sviluppo della funzione respiratoria ventilatoria 	<ul style="list-style-type: none"> ◆Probabile aumento della frequenza di sintomi respiratori cronici ◆Probabile decremento della funzione respiratoria ventilatoria
<u>Particolato totale sospeso (TPS)</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Fumo di tabacco • Sistemi di riscaldamento • Inquinamento esterno • Combustione di legna 	<ul style="list-style-type: none"> ◆Incremento della frequenza di sintomi respiratori cronici 	<ul style="list-style-type: none"> ◆Probabile decremento della funzione respiratoria ventilatoria
Biossido di azoto (NO ₂)	<ul style="list-style-type: none"> • Cucine a gas • Stufe a gas • Caldaie • Autoveicoli posti nelle vicinanze 	<ul style="list-style-type: none"> ◆Probabile abbassamento della soglia di sensibilizzazione a vari allergeni ◆Incremento della frequenza di sintomi respiratori cronici ◆In soggetti asmatici: incremento del numero di episodi broncospastici e ridotta risposta alla terapia antiasmatica 	<ul style="list-style-type: none"> ◆Incremento della frequenza di sintomi respiratori cronici ◆Incerto l'effetto sulla funzione respiratoria ventilatoria
Fumo di legna	<ul style="list-style-type: none"> • Caminetti • Stufe a legna 	<ul style="list-style-type: none"> ◆Incremento della frequenza di sintomi respiratori cronici (notevole produzione di particolato) 	<ul style="list-style-type: none"> ◆Aumentato rischio per lo sviluppo di BPCO
Formaldeide	<ul style="list-style-type: none"> • Materiali da costruzione • Forniture e prodotti per la casa • Fumo di tabacco • Processi di combustione 	<ul style="list-style-type: none"> ◆Possibili fenomeni broncoreattivi in soggetti asmatici 	<ul style="list-style-type: none"> ◆Possibili fenomeni broncoreattivi in soggetti asmatici

Negli ultimi anni è stato evidenziato un effetto del fumo passivo sulla patologia coronarica. La

Environmental Protection Agency dello stato della California negli USA ha recentemente affermato che esiste un aumento del rischio (30%) per CHD associato all'esposizione al fumo passivo (3). L'American Heart Association's Council on Cardiopulmonary and Critical Care (4) ha concluso che il fumo di tabacco ambientale aumenta il rischio di malattia del miocardio ed è una importante causa prevenibile di malattia e di morte per malattie cardiovascolari. Queste conclusioni sono state confermate nel 1998 dallo Scientific Committee on Tobacco and Health degli USA (5). Le recenti linee guida della Organizzazione Mondiale della Sanità per la qualità dell'aria (Air Quality Guidelines, WHO, 1999, in stampa) riconoscono un ruolo causale della esposizione al fumo ambientale nei riguardi della patologia coronarica.

Law et al. (6), in una meta-analisi comparsa nel 1998 sul British Medical Journal, hanno stimato un eccesso di rischio di coronopatia acuta per esposizione al ETS del 30% (95% IC: 22 - 38%) a 65 anni. Alla stessa età la stima del rischio relativo associato al fumo attivo di una sigaretta al giorno risulta simile (RR di 1.39, 95% IC: 1.18 - 1.64), mentre il rischio per il fumo di 20 sigarette al giorno è di 1.78 (95% IC: 1.31 - 2.44). Tenendo conto del fatto che i non fumatori che convivono con i fumatori seguono una dieta meno ricca di verdure e frutta e con un contenuto maggiore di grassi (abitudini alimentari responsabili di aumento del livello di rischio per CHD pari al 6%), l'effetto direttamente imputabile all'esposizione al ETS è un aumento del rischio pari al 23% (95% IC: 1.14 - 1.33).

Nella più recente meta-analisi, pubblicata nel 1999 sul New England Journal of Medicine, He et al. (13), hanno messo in evidenza un rischio relativo di 1.25 (95%CI 1.17 - 1.32) per malattia coronarica tra i non fumatori esposti a ETS. Inoltre, gli autori hanno evidenziato una relazione dose - effetto significativa, con rischi relativi di 1.23 (95% IC:1.13-1.34) in caso di esposizione al fumo di 1-19 sigarette al giorno e di 1.31 (95% IC:1.21-1.42) per esposizione a 20 o più sigarette al giorno, rispetto ai soggetti non fumatori non esposti ($p=0.006$ per trend lineare). Un trend lineare in crescita, altrettanto significativo ($p=0.01$), si osservava anche in relazione alla durata in anni dell'esposizione al fumo del coniuge.

Molte persone sono esposte al fumo passivo e, poiché le malattie cardiovascolari sono una causa molto comune di morbidità e mortalità nel nostro Paese, anche se il rischio relativo di questi eventi associato al fumo passivo è piccolo, il numero di persone che ne possono essere affette è potenzialmente molto elevato. Come già discusso nel primo capitolo, data l'elevata prevalenza di fumatori, le conseguenze sociali e sanitarie del fumo passivo di sigaretta in relazione alla malattia ischemica del miocardio sono dunque importanti.

2.5 – Malattie da infezioni di origine indoor

2.5.1 Principali patologie

La contaminazione biologica degli ambienti chiusi rappresenta una delle principali cause di malattie a decorso anche mortale prevalentemente a carico delle vie respiratorie oltre che di altri apparati e costituisce, pertanto, un aspetto determinante della qualità dell'aria.¹ In alcuni casi, le infezioni da bioaerosols possono assumere un carattere endemico o epidemico.

I microrganismi responsabili di tali patologie sono vari, e sono rappresentati da virus, schizomiceti (batteri, chlamidie, rickettsie, micoplasmi), miceti (lieviti e muffe) e parassiti. In base alle loro caratteristiche biologiche alcuni di questi (virus, chlamidie, rickettsie) sono parassiti obbligati, cioè necessitano di altre cellule per poter compiere il proprio ciclo vitale, mentre i rimanenti vivono indipendentemente da altri organismi viventi.

Malattie da schizomiceti

Legionella pneumophila, bastoncello Gram negativo ubiquitario, è responsabile di gravi infezioni respiratorie a trasmissione aerogena, anche se l'ingestione di alimenti contaminati, l'aspirazione dall'orofaringe e l'utilizzo di strumenti impiegati nella respirazione controllata possono costituire meno frequenti modalità di trasmissione dell'infezione. Altre specie appartenenti alla famiglia delle *Legionellaceae* sono responsabili di infezioni respiratorie a differente decorso clinico. Le riserve idriche (impianti idraulici, acque termali e fanghi, fiumi e laghi, impianti di climatizzazione) costituiscono le principali fonti di contagio.

Le legionellosi hanno un andamento prevalentemente epidemico, sporadico e nosocomiale, essendo rari i casi isolati. Le principali forme cliniche sono la polmonite, la febbre di Pontiac, alcune forme similinfluenzali ed infezioni subcliniche. L'esempio di Legionellosi più tipico è quello dell'epidemia di Philadelphia riscontrata nel 1976, durante la quale 221 reduci dell'*American Legion* contrassero una forma di polmonite con gravi manifestazioni cliniche extrapolmonari causando 29 decessi, subito denominata malattia dei Legionari.² In Italia sono stati descritti casi sporadici ed una epidemia circoscritta verificatasi sulla costa romagnola che colpì anziani turisti. Dal 1980 al 1990 sono stati registrati ufficialmente 542 casi di legionellosi³; si ha tuttavia motivo di ritenere che una larga fetta di casi non sia stata denunciata.

La tubercolosi ed altre micobatteriosi sono di riscontro più frequente e si registra un aumento della chemio-antibiotico resistenza con ripercussioni sulla profilassi e terapia ponendo questioni di rilevante interesse socio-economico. Sono state documentate epidemie di tubercolosi negli USA dove le precarie condizioni ambientali (dimora per senzatetto) in un caso, e la non idoneità del sistema di ventilazione in un altro caso hanno facilitato la diffusione dell'infezione.⁴ Particolare interesse ha suscitato la descrizione di infezione tubercolare trasmessa da un soggetto infetto ad altre colleghi nell'ambito dello stesso ambiente lavorativo (aereo).⁵ I micoplasmi sono responsabili di malattie respiratorie a trasmissione aerogena di gravità diversa che interessano sia le alte che le basse vie aeree, molto diffuse nell'età pediatrica e in giovani adulti ma che colpiscono anche soggetti con età superiore a 50 anni.

Rickettsia (Coxiella) burneti è l'agente etiologico della febbre Q, zoonosi a diffusione mondiale che in Italia ha, attualmente, un andamento sporadico. La trasmissione avviene prevalentemente per via inalatoria anche se si ammette anche la via digestiva con il latte e la penetrazione attraverso lesioni di continuo della cute in alcune categorie a rischio.

Chlamydia pneumoniae è responsabile polmonite di tipo interstiziale ad alta incidenza nelle piccole comunità chiuse. La psittacosi-ornitosi è una malattia infettiva ad elevata letalità causata da *C. psittaci* che si contrae mediante l'inalazione di materiale infetto emesso da uccelli domestici quali pappagalli, parrocchetti ed altri psittaciformi (psittacosi) o da piccioni, polli, anitre, tacchini ed altri non psittaciformi (ornitosi).

Altri batteri sono stati isolati da sistemi di aerazione o climatizzazione e nell'aria di ambienti chiusi. Quelli che sono stati presi più frequentemente in esame sono *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae*, *Micrococcus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Haemophilus*, *Proteus*, ed Enterobatteri.⁷⁻⁹

Micosi

I miceti sono i microrganismi più frequentemente isolati nell'aria di ambienti chiusi soprattutto se climatizzati con ristagno di umidità. *Aspergillus* e *Candida* sono i generi più ricorrenti tra i patogeni umani. I quadri clinici dell'aspergillosi sono la bronchite asmatiforme, la broncopolmonite, l'aspergilloma, l'aspergillosi generalizzata. Tutte queste forme hanno una comune e principale via di trasmissione nella via aerogena. L'infezione è favorita negli ambienti adibiti alla raccolta e conservazione e lavorazione di cereali, fieno, vegetali dove, la muffa è largamente diffusa.

Candida è ritenuta responsabile di broncopolmoniti e bronchiti acute di tipo allergico, anche se le localizzazioni del tratto oro-faringeo sono quelle più frequenti.

Queste ed altre micosi sono responsabili, inoltre, di gravi patologie opportunistiche in soggetti con infezione da HIV.

Infezioni virali

I virus per le loro caratteristiche biologiche e le loro dimensioni sono stati frequentemente isolati da sistemi di climatizzazione, ventilazione e riscaldamento. Sono responsabili di infezioni delle prime vie aeree (otiti, sinusiti, faringiti, tracheiti) e delle basse vie respiratorie (bronchiti, polmoniti), ma sono descritte anche epidemie di varicella e morbillo. L'influenza e le sindromi parainfluenzali sono le malattie a più ampia diffusione aerogena. L'isolamento e la identificazione dei virus dai sistemi di ventilazione e climatizzazione è limitata dall'impossibilità di poter applicare metodiche colturali e dalla necessità di impiego di metodiche molecolari (PCR).

Parassitosi

La trasmissione di alcune parassitosi può essere facilitata negli ambienti chiusi dalla scarsa ventilazione e purificazione dell'aria. Tipici esempi sono rappresentati dalle infezioni da *Acanthamoeba*, *Pneumocystis carinii* e *Enterobius vermicularis* (ossiuro).

In particolare il *P. carinii* è stato recentemente isolato in secrezioni nasali di bambini apparentemente sani o con manifestazioni allergiche oltre che nell'aria di ambienti domestici ma ulteriori dati sono necessari per poter correlare questo riscontro con patologie respiratorie. Gli ossiuri sono nematodi che infestano l'uomo con le proprie uova che vanno a depositarsi su biancheria o indumenti. Il movimento dell'aria permette la loro diffusione aerea facilitando la loro ingestione o inalazione. È una infestazione molto frequente negli ambienti domestici e nelle scuole ed in altre comunità chiuse (si stima siano interessati circa un miliardo di soggetti prevalentemente nei Paesi industrializzati).

2.5.2 - Studi italiani

I dati italiani sulle infezioni causate dalla contaminazione microbiologica dell'aria e dei sistemi di ventilazione e climatizzazione sono relativamente scarsi e coincidono con quelli riportati in altri Paesi europei ed extraeuropei, spesso limitati ad indagini ristrette a particolari ambienti (ospedali, sale chirurgiche e di terapia intensiva, palestre, scuole) e limitatamente ad alcuni agenti infettivi.

Tra questi ultimi un interesse particolare è stato rivolto alle infezioni da miceti responsabili di manifestazioni allergiche ed in minor misura di infezioni respiratorie umane. Tali studi hanno evidenziato come la contaminazione microbica sia legata a scarsa o, talvolta, assente idoneità delle condizioni igienico-edilizie dei locali presi in considerazione dagli studi, al sovraffollamento dei locali, alla scarsa manutenzione dei sistemi di climatizzazione. Un interessante studio è stato condotto sulla incidenza nelle comunità chiuse della polmonite da *C. pneumoniae* mettendola a confronto con altre etiologie.¹⁰

Mancano dati riguardanti l'identificazione nell'aerosol ambientale di microrganismi responsabili di gravi infezioni a provata trasmissione aerogena, quale *Neisseria meningitidis* agente etiologico di una grave e frequente meningite.

2.5.3 - Rilevanza sociale

L'inquinamento microbiologico all'interno degli ambienti chiusi può essere considerato una fonte di trasmissione di numerose malattie infettive a carattere epidemico: influenza, varicella, morbillo, polmoniti pneumococciche, legionellosi, psittacosi-ornitosi, ecc. Queste patologie sono di grande rilevanza sociale sia per il grande numero di soggetti che viene coinvolto sia per le complicanze che possono sopraggiungere, rendendo più complesso il trattamento farmacologico con indubbe ripercussioni sui costi. Particolare considerazione va rivolta alle infezioni trasmesse nell'ambito ospedaliero, dove la diffusione di microrganismi patogeni attraverso le condutture degli impianti di climatizzazione potrebbe rivestire un ruolo importante nella trasmissione delle infezioni nosocomiali. La possibilità di trasmissione di infezioni in comunità chiuse quali scuole, asili, carceri, caserme, uffici fa comprendere quanto importante sia condurre indagini rivolte a definire il rischio microbiologico per poter prevenire con interventi igienico-ambientali l'insorgere di epidemie.

2.5.4 - Iniziative per la prevenzione

Il "rischio microbiologico" può essere determinato da condizioni che favoriscono la contaminazione, la crescita e la diffusione dei microrganismi all'interno di un ambiente chiuso oltre che dalle caratteristiche biologiche dell'agente infettivo che ne definiscono la patogenicità e la virulenza. La carica infettante è un fattore che determina il grado di probabilità che un'infezione possa essere trasmessa all'uomo e, pertanto, è di fondamentale importanza considerare i diversi elementi fisico-chimici che influenzano la crescita e la disseminazione di microrganismi nell'ambiente. La temperatura e l'umidità relativa dell'aria sono i fattori che maggiormente condizionano la crescita e la diffusione di patogeni nell'aria ma anche la ventilazione e la presenza di sostanze nutritive necessarie alla vita dei microrganismi determinano la colonizzazione e la

disseminazione degli stessi.¹¹⁻¹²

Sulla base delle considerazioni precedentemente esposte, si indicano le seguenti linee di intervento:

Riduzione dell'esposizione ad individui infetti (tubercolosi, influenza, varicella, infezioni virali) sia ricorrendo alle misure di isolamento sia mediante l'impiego di sistemi idonei alla riduzione della carica microbica nell'aria di un ambiente chiuso.

Prevenire o limitare l'accesso di aerosols dall'ambiente esterno a quello interno e controllare la contaminazione quando già esistente mediante:

- adeguata filtrazione dell'aria per ridurre i contaminanti microbiologici:
 - filtri elettrostatici, utili per grandi particelle come batteri vitali e spore fungine, ma non per i loro prodotti metaboliti; richiedono manutenzione frequente e regolare;
 - filtri dell'aria ad alta efficienza, rimuovono la contaminazione batterica e il loro stato dipende dall'efficacia di raccolta del particolato, dalla quota di aria filtrata e dalla sorgente di inquinamento.

Controllare l'umidità dell'aria (<60%);

Prevenire la contaminazione e colonizzazione di muffe su strutture ed infrastrutture edili:

- le superfici vanno pulite con ipoclorito di sodio 5-10% che uccide i microrganismi ma non ne previene la ricontaminazione, gli umidificatori e vaporizzatori dovrebbero essere puliti periodicamente e le macchine pulite con acqua calda, trattamento industriale per i tappeti, aumentare la ventilazione negli ambienti, riscaldare tutte le stanze durante l'inverno, evitare di asciugare biancheria all'interno, incrementare la pulizia ambientale, ridurre il numero di piante all'interno e curare il loro stato.¹³

Limitare gli spray umidi.

2.5.5 - Possibili linee di ricerca

La mancanza di protocolli standardizzati sui metodi di indagine e sulle tecniche di isolamento e di identificazione dei microrganismi patogeni presente in un ambiente chiuso non ha permesso di approfondire la prevalenza e l'incidenza delle infezioni nelle patologie "indoor", rendendo non uniformi i dati ottenuti dagli studi finora eseguiti e, pertanto, difficile l'individuazione di proposte di intervento per limitare o evitare l'inquinamento microbiologico ambientale. Prova di ciò è la mancanza di una definizione precisa del rischio microbiologico o infettivo da inquinamento dell'aria negli ambienti chiusi con la conseguenza che la contaminazione microbiologica viene spesso considerata nell'ambito più generale del rischio biologico, comprendente anche quei fattori non strettamente infettivi come la presenza e la diffusione di insetti, aracnidi, muffe responsabili di patologie di tipo allergico.¹⁴

Particolare riguardo andrebbe rivolto alle potenziali fonti di inquinamento nelle diverse strutture ospedaliere attraverso i sistemi di climatizzazione e ventilazione, con rilievi sistematici e periodici sugli apparati di filtrazione dell'aria che potrebbero prevenire gravi infezioni nosocomiale anche ad andamento epidemico responsabili di prolungamenti della degenza oltre che di eccessivi costi terapeutici.

Ulteriori studi, infine, dovrebbero essere finalizzati a definire il significato che riveste l'isolamento di un determinato microrganismo nel microambiente quale indicatore microbiologico.

2.6 – Malattie da allergeni indoor

2.6.1 - Le malattie da allergeni indoor

Nell'ambito delle patologie influenzate dagli ambienti indoor, le malattie allergiche rappresentano un settore che pone problematiche del tutto particolari. In questo caso, infatti, l'effetto potenzialmente nocivo delle sostanze presenti nell'ambiente non è riferibile alle loro proprietà intrinseche, ma ad una risposta anomala di una quota di popolazione che si sensibilizza nei confronti di sostanze allergizzanti. Gli *allergeni* non sono inquinanti, ma componenti "normali" dell'ambiente, privi di tossicità intrinseca.

Sulla definizione di "Allergia" non c'è ancora un accordo unanime. Sebbene per Allergia si debba intendere un meccanismo patogenetico alla base di molteplici sindromi cliniche, in questa sede per "malattie allergiche" si farà riferimento principalmente alle forme di asma bronchiale, rinite, congiuntivite, dermatite e shock anafilattico nelle quali esista la sicura documentazione di una risposta allergica dovuta ad anticorpi IgE, il cui ruolo causale nei confronti della sintomatologia sia certo e dimostrabile.

Un'entità nosologica di minore rilievo epidemiologico ma non trascurabile è costituita dall'alveolite allergica estrinseca. Tale patologia consegue ad un'abnorme risposta immunitaria ad esposizioni ripetute a polveri organiche. Nei bambini viene osservata specialmente intorno ai 10 anni di età in forma prevalentemente subacuta. La cessazione dell'esposizione fa regredire il quadro clinico. L'impatto epidemiologico di tale patologia sulla popolazione italiana è alquanto ridotto rispetto alle altre allergie respiratorie. Tale patologia, tuttavia, riveste un notevole interesse in Medicina del Lavoro.

Infine è noto che i condizionatori d'aria possono divenire il serbatoio di muffe ed agenti patogeni che, cresciuti al loro interno, vengono poi fatti ricircolare sotto forma di aerosol nell'ambiente condizionato con grave rischio per la salute. Oltre a forme classiche di asma bronchiale allergico ed alle infezioni da legionella, si può verificare una sindrome di notevole interesse, definita "febbre da umidificatore". In alcuni episodi a carattere micro-epidemico è emerso il chiaro coinvolgimento dell'impianto di condizionamento, tuttavia l'agente eziologico coinvolto può rimanere sconosciuto, pur nell'ambito di allergeni, tossine batteriche, endotossine.

Pur non svolgendo alcun ruolo causale inducente, altre sostanze nocive possono svolgere un ruolo importante nell'aggravare malattie allergiche già avviate. Esistono infatti molecole per le quali si sospetta un ruolo favorente ("*adiuvanti*") il processo di sensibilizzazione in soggetti predisposti, e sostanze, tra cui molti inquinanti veri e propri, che possono scatenare ("*triggers*") nuovi attacchi di sintomi in quei soggetti che già soffrono di allergie.

Appare subito evidente, quindi, che le strategie di intervento nei confronti delle Allergie raggiungeranno un ottimale rapporto costo/beneficio se mirate soprattutto ad una quota limitata della popolazione (frazione predisposta). E' quindi fondamentale disporre di informazioni certe sui

fattori di rischio rilevanti e sulle reali dimensioni della frazione predisposta alle allergie.

2.6.2 - Predisposizione atopica e soggetti a rischio

La tendenza a sviluppare una risposta IgE nei confronti di sostanze allergeniche (atopia) appare oggi riferibile ad un complesso di geni situati su diverse regioni cromosomiche ed operanti con meccanismo polifattoriale (in concorso tra loro e con molteplici fattori ambientali) (9).

Non esistono al momento attuale marcatori genetici o fenotipici la cui rilevazione ed il cui valore di fattore di rischio abbiano un rapporto costo/beneficio superiore a quello della presenza di una familiarità allergica o di una storia personale di tendenza alle malattie allergiche (i soggetti con eczema atopico nell'infanzia vanno incontro più frequentemente ad asma, la rinite perenne si complica più frequentemente con asma, etc.). Poiché non è verosimile che l'aumento esponenziale di malattie allergiche, quale si è verificato in un breve arco di tempo, sia riferibile a mutazioni genetiche o ad un aumento del numero e/o concentrazione delle sostanze allergeniche (9), è oggi generalmente condivisa l'ipotesi che l'"epidemia di allergie" sia correlata all'effetto favorente del mutato stile di vita proprio del mondo industriale e occidentale (10). Mentre pochi e controversi appaiono i dati a favore di un ruolo favorente svolto dall'inquinamento veicolare e industriale outdoor sui processi di sensibilizzazione, maggiore attenzione viene oggi rivolta - tra le variabili correlate al mutato stile di vita - al ruolo svolto dall'alimentazione ed in particolare dalle migliori condizioni igieniche, con conseguente minore incidenza di infezioni batteriche e virali (11).

Numerose evidenze epidemiologiche e sperimentali suggeriscono che il sistema immunitario di bambini cresciuti in condizioni igieniche maturi più lentamente e soprattutto con modalità tali da favorire lo sviluppo di risposte anticorpali e cellulari di tipo atopico, aumentando la loro predisposizione allo sviluppo, in epoche successive, alle malattie allergiche (12-13).

2.6.3 - Allergeni indoor

E' ormai generalmente accettato che, in soggetti predisposti, l'esposizione protratta a concentrazioni elevate di taluni allergeni, specialmente nei primi anni di vita, corrisponda a maggiore rischio di sensibilizzazione e, successivamente di patologia allergica (14). In particolare, un accurato controllo dell'esposizione dovrebbe essere riservato proprio agli allergeni presenti negli ambienti chiusi (allergeni "indoor"), sia per la loro elevata concentrazione, sia soprattutto per la costanza dell'esposizione nell'arco della giornata e dell'anno (in contrapposizione alla maggiore oscillazione circadiana e annuale dell'esposizione agli allergeni cosiddetti "outdoor" come i pollini). Alcuni studi hanno addirittura prospettato la possibilità di stabilire delle precise soglie di esposizione oltre le quali si presentasse il rischio di sensibilizzazione o di comparsa di attacchi asmatici (15-16).

Va ricordato che gli allergeni cosiddetti "outdoor" - quali pollini, spore fungine, ecc. - possano essere comunemente presenti anche nell'ambiente indoor, in concentrazioni dipendenti dalle condizioni di collocazione e ventilazione degli ambienti chiusi. I principali allergeni indoor, tuttavia, sono rappresentati dagli acari della polvere, dalle muffe, dagli scarafaggi e dalle forfore di animali domestici. Questi ultimi possono essere trasportati negli ambienti chiusi anche attraverso gli indumenti e persistono nell'ambiente per lungo tempo: la loro presenza quindi non richiede necessariamente la presenza di animali domestici.

Problematiche specifiche possono essere presentate da ambienti chiusi particolari (scuole, palestre, alberghi, locali pubblici, mezzi di trasporto) in relazione alla concentrazione dei comuni allergeni indoor) o quei locali in cui si svolge attività sanitaria, in relazione alla possibile presenza di allergeni particolari (lattice di gomma, farmaci aerodispersi, etc.). Proprio in funzione del generalizzato incremento della propensione della popolazione alla sensibilizzazione allergica (v. secondo paragrafo) si registra anche in Italia la comparsa ed il diffondersi di allergie verso sostanze presenti nell'ambiente domestico o di lavoro, la cui esposizione non può però classificarsi esclusivamente come professionale. Un esempio paradigmatico è costituito dall'allergia al latex (17): tale allergia si manifesta sia come sintomatologia respiratoria che cutanea oppure, a volte, come quadro generalizzato e addirittura fatale. Il latex è una componente presente in molti oggetti domestici di uso comune e ultimamente rientra anche in materiali con cui la persona entra in contatto per molte ore al giorno, quali, ad esempio, il materasso ed il cuscino.

2.6.4 - Fattori indoor favorenti o scatenanti gli attacchi di allergia

Solo pochi studi hanno suggerito un possibile effetto favorente il processo di sensibilizzazione allergica da parte degli inquinanti indoor più comuni (18). Al contrario, diversi studi sperimentali ed alcuni studi epidemiologici suggeriscono che alcuni inquinanti indoor (CO, NO₂) possano aggravare il quadro clinico di soggetti già affetti da allergie respiratorie, aumentando la frequenza e l'intensità degli attacchi di sintomi (19). Numerosissime, infine, sono le evidenze che il fumo passivo possa favorire l'accentuazione della flogosi e dei sintomi indotti dalla sensibilizzazione allergica (20). E' generalmente accettato, tuttavia, che gli inquinanti indoor possano avere un effetto aggravante, ma non inducente l'atopia e le allergie e che non siano in alcun modo responsabili dell'epidemia di queste patologie tra le popolazioni che vivono con uno stile di vita occidentale (3).

2.6.5 - Le dimensioni del problema in Italia

Lo studio epidemiologico più esteso e standardizzato svolto in materia nel nostro Paese è quello realizzato nell'ambito del protocollo internazionale ISAAC (International Study of Allergy and Asthma in Children). Tra il 1994 ed il 1995, 13 centri Italiani hanno valutato la prevalenza attuale di asma bronchiale, rinocongiuntivite allergica e dermatite atopica tra gli studenti delle scuole medie inferiori. I valori osservati collocano il nostro Paese in una fascia di prevalenza intermedia nel panorama globale, (asma=8,9%, rinocongiuntivite allergica = 13.6%, dermatite atopica=5.5%) (1). Attraverso una estrapolazione dei dati ISAAC si potrebbe pertanto stimare che oltre 400.000 ragazzi in età scolare soffrano di asma bronchiale allergico e quasi 1 milione di rinite allergica. Parallelamente, studi svolti nell'ambito dello ECRHS in tre città del Settentrione (Torino, Pavia e Verona) su adulti tra i 20 ed i 44 anni hanno evidenziato che il 5.0% dei soggetti esaminati aveva sofferto di una forma di asma bronchiale nel corso degli ultimi 12 mesi (2). Dati indiretti e l'andamento nel tempo di queste affezioni in tutti gli altri Paesi Europei lasciano prevedere che la tendenza futura sia di un continuo aumento sia tra le nuove generazioni che tra gli adulti (3), tanto da configurare quella che MB Emanuel (4) ed il Libro Bianco sull'Asma presentato al Parlamento Europeo (5) chiamano "l'epidemia della rivoluzione post-industriale" o "l'epidemia del Terzo Millennio".

Va peraltro rilevato che la presenza di sensibilizzazione verso allergeni comuni può essere documentata anche in un'elevata percentuale di soggetti apparentemente sani - nel 12-15 % della popolazione generale (6) - potenzialmente a rischio di sviluppare una malattia allergica nel tempo.

Considerando quindi l'insieme dei dati riferiti e la possibile coesistenza di più patologie allergiche nello stesso soggetto, si può ritenere con approssimazione che un soggetto su 3-4 sia allergico o che il fenomeno allergia interessi oltre 10 milioni italiani.

2.6.6 - *L'impatto socio-economico*

I costi diretti ed indiretti delle allergie respiratorie sono notevoli. E' stato stimato che i costi diretti per la terapia di un bambino italiano affetto da asma bronchiale da allergeni indoor si aggirino intorno ad 1 milione di lire all'anno (7). Mancano studi estesi sul territorio nazionale, ma si può ragionevolmente ritenere che la spesa farmaceutica complessiva per allergie superi largamente i 300 miliardi all'anno, gravanti per una quota rilevante sul Sistema Sanitario Nazionale. Nella Regione Lombardia è in corso da diversi anni un Progetto Pilota per il coordinamento delle iniziative di Sanità Pubblica contro le malattie allergiche (8). E' stato infatti creato il Dipartimento Multizonale per le allergopatie, che ha permesso di valutare la richiesta complessiva di prestazioni sanitarie pubbliche per queste patologie da parte della popolazione. I dati ottenuti per l'anno 1994, ad esempio, attestano una richiesta di oltre 174 mila visite allergologiche, di cui 110 mila includevano l'esecuzione dei test cutanei (8). Tale massiccia richiesta lascia intravedere quale debba essere l'impatto sulla qualità della vita e sull'efficienza lavorativa.

2.6.7 - *Linee di ricerca e di intervento*

Le azioni da promuovere nel settore delle allergie sono sia di ordine conoscitivo (epidemiologico, clinico, sperimentale) che di intervento (divulgazione, educazione, legislativa). Le diverse iniziative devono essere modulate sulla peculiare situazione Italiana e mirare a risultati nel brevissimo periodo o nel medio lungo-termine.

1. VALUTAZIONE DIMENSIONI DEL FENOMENO - (*studi epidemiologici*)

Obiettivo:

- Maggiore conoscenza delle dimensioni e dell'impatto socio-economico delle allergie in Italia.

Strategia:

- Diversi approcci epidemiologici sono prospettabili. Un'ipotesi di lavoro potrebbe basarsi sull'esame a campione di scuole distribuite su tutto il territorio nazionale e realmente rappresentative dell'intera popolazione studentesca italiana. Le strutture territoriali del Servizio Sanitario Nazionale potrebbero avere i requisiti per condurre uno studio del genere, i cui costi sarebbero contenuti ed il cui coordinamento potrebbe essere garantito da Istituzioni Centrali preposti alla ricerca ed al controllo della salute pubblica (es. ISS). Utilizzando adeguati indicatori di impatto socio-economico e di qualità della vita, questi studi potrebbero produrre anche una stima più accurata dei costi diretti ed indiretti delle patologie allergiche respiratorie in Italia nella fascia di età più colpita.

2. IDENTIFICAZIONE DEI FATTORI DI RISCHIO PRIMARIO - (*ricerca*)

Obiettivo:

- Identificare i fattori di rischio primario per approfondire in futuro strategie di prevenzione primaria, l'unica in grado di produrre un'inversione di tendenza dell'incremento dei casi di allergie in Italia.

Strategia:

- Promozione e potenziamento degli studi volti ad identificare i fattori dello stile di vita "occidentale" (dieta, igiene) connessi alle cause primarie dell'epidemia di allergie ed asma.
- Promozione e potenziamento degli studi miranti alla ricerca di quali interventi possono favorire un equilibrato sviluppo del sistema immunitario mucosale del bambino.

3. STUDI DI INTERVENTO SULL'IDENTIFICAZIONE DEI SOGGETTI A RISCHIO. (*Salute pubblica*)

Obiettivo:

- Identificare precocemente i soggetti sensibilizzati ad allergeni indoor, e valutare l'impatto di strategie di intervento nella fase di latenza, quando la sensibilizzazione ancora non ha prodotto conseguenze cliniche.

Strategia:

- Promozione di progetti pilota di valutazione periodica della popolazione studentesca (es.: 1^a elementare e 1^a media) di interi distretti scolastici, mirati all'identificazione dei bambini asintomatici ma già sensibili agli allergeni indoor principali. In tali progetti uno stretto coordinamento tra famiglie, medicina scolastica e pediatra di base dovrebbe favorire l'adozione di misure (volontarie) atte a ridurre la concentrazione degli stessi allergeni indoor nelle case dei bambini sensibilizzati e/o comunque garantire il precoce riconoscimento e trattamento razionale degli eventuali primi cenni di patologia allergica.

4. VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE AGLI ALLERGENI INDOOR NELLA POPOLAZIONE ITALIANA. (*studi*)

Obiettivo:

- Ottenere dati affidabili sul reale livello di esposizione agli allergeni indoor in Italia.

Strategia:

- Promuovere studi a campione estesi su tutto il territorio nazionale su abitazioni, uffici, alberghi, mezzi di trasporto, locali pubblici, ecc., tesi ad offrire il quadro della situazione in Italia. Va rilevato come siano ormai disponibili metodologie affidabili e standardizzate per la valutazione corretta dei livelli di esposizione domestica ai principali allergeni indoor, basate prevalentemente sull'impiego di anticorpi monoclonali diretti contro le principali frazioni allergeniche degli acari della polvere, del gatto, delle blatte, etc.

5. INTERVENTO SULL'ESPOSIZIONE AGLI ALLERGENI INDOOR. (*Educazione*)

Obiettivo:

- Favorire la diffusione in Italia di una "cultura" della prevenzione delle allergie.

Strategia:

- Promuovere ai diversi livelli di responsabilità (legislativo, attuativo) e nei settori chiave della comunicazione ed istruzione (mass media, scuola, ecc.) una maggiore attenzione alla prevenzione delle allergie, basata su quanto ormai acclarato dalla ricerca biomedica, confermato dalla pratica clinica e certificato da organismi autorevoli quali l'OMS o la FDA.

Alcune informazioni vanno semplicemente aggiornate e migliorate. Ad esempio, è largamente diffusa nella popolazione la consapevolezza che il fumo di sigaretta è associato ad un maggiore rischio di cancro: il messaggio dovrebbe essere esteso anche ad altre patologie connesse con il fumo ed esteso soprattutto all'asma bronchiale allergico.

Altre informazioni possono essere rese più incisive. Pochi sanno nella popolazione che la riduzione del carico allergenico indoor associato agli animali ed agli acari della polvere può contribuire a prevenire lo sviluppo dell'asma in soggetti sensibili ma non ancora resi sintomatici dalla loro sensibilizzazione.

Si può inoltre promuovere la conoscenza diffusa di quale genere di materiali edilizi, tipologia di arredamento o comportamenti riducano il rischio di esposizione ad allergeni indoor.

Nel settore pubblico, si potrebbe promuovere l'istituzione di aree (limitate) provviste di certificazione "allergen free" in alberghi, mezzi di trasporto, ecc. Tali aree sarebbero così predisposte per pazienti con asma allergico (alla stregua delle aree un tempo dedicate ai non fumatori).

Può essere definito per legge che una serie di oggetti di uso comune e contenenti allergeni di provata rilevanza epidemiologica (latex, cromo, nichel) rechino avvertenze scritte che accompagnano il prodotto.

Possono essere modificate le norme sul controllo degli impianti di condizionamento, alla luce delle conoscenze sul loro ruolo nelle alveoliti allergiche estrinseche e nella febbre da umidificatore.

6. INTERVENTO SULL'ESPOSIZIONE AGLI ALLERGENI INDOOR. (*Abbattimento dell'esposizione*)

Obiettivo.

- Valutare, nella realtà Italiana, la reale efficacia preventiva nei confronti della sensibilizzazione e della comparsa dei sintomi respiratori di una riduzione controllata dell'esposizione agli allergeni indoor.

Strategia.

Promozione di studi controllati tesi a valutare in modo comparativo le diverse strategie di intervento per la riduzione dell'esposizione agli allergeni indoor relativamente sia al reale abbattimento dell'esposizione, sia all'impatto clinico di tali misure (in termini di prevenzione secondaria e terziaria) sulla popolazione. Va rilevato come l'industria privata si sia già mossa in tal senso promuovendo messaggi che distorcono la realtà delle cose a favore della distribuzione di prodotti di dubbia efficacia e sicurezza (acaricidi, aspirapolveri, filtri, umidificatori, ecc.). Dopo una valutazione di questo genere potranno essere prese in esame anche proposte di legge che stabiliscano limiti di esposizione agli allergeni indoor ed in quale categorie di locali pubblici questi vadano rispettati.

2.7 – La sindrome da edificio malato (SICK BUILDING SYNDROME)

2.7.1 - Definizione di Sindrome dell'edificio malato

L'espressione "Sindrome dell'edificio malato" o "Sindrome dell'edificio sigillato" è la traduzione letterale dell'espressione anglosassone "Sick Building Syndrome" (S.B.S.) o "Tight Building Syndrome", probabilmente conosciuta alla fine degli anni '70. La "Sindrome dell'edificio malato" è stata accolta dalla letteratura scientifica in occasione di un Working Group dell'Organizzazione Mondiale della Sanità svoltosi nel giugno 1982 (68). Tuttavia, l'espressione S.B.S. potrebbe non essere appropriata in quanto suggerisce che un edificio o più edifici necessitino di indagini diagnostiche e di appropriati interventi mentre sono gli occupanti che riferiscono disturbi potenzialmente correlati con la permanenza nell'edificio.

Nella accezione corrente per "Sick Building Syndrome" si intende un insieme di sintomi, in genere di modesta entità, riferiti da un numero molto elevato di persone (fino al 50-60%) che occupano un determinato edificio. Gli edifici in cui è stata descritta erano in genere nuovi o recentemente rinnovati, dotati di aria condizionata e ventilazione meccanica ed adibiti ad uffici, scuole, ospedali, case per anziani, abitazioni civili. I sintomi più frequentemente riportati dalla letteratura come tipici della SBS sono:

- oculari (senso di secchezza o di corpo estraneo, bruciore, prurito, iperemia congiuntivale)
- nasali e faringei (rinorrea, occlusione nasale, prurito nasale, senso di irritazione e di "gola secca")
- respiratori (costrizione toracica, dispnea)
- cutanei (eritema, secchezza, prurito)
- generali (cefalea, difficoltà di concentrazione, sonnolenza, vertigini, nausea) (33) (35) (43) (61).

Queste manifestazioni cliniche sono aspecifiche e si presentano variamente associate tra loro. Caratteristicamente insorgono dopo alcune ore di permanenza in un determinato edificio e si risolvono in genere rapidamente, nel corso di qualche ora o di qualche giorno (nel caso dei sintomi cutanei) dopo l'uscita dall'edificio. I reperti obiettivi sono scarsi e non contribuiscono ad orientare la diagnosi; tuttavia, in alcuni dei casi descritti, è stata rilevata una riduzione della stabilità del film lacrimale in una percentuale significativa dei sintomatici (21) (22) (38). Nel singolo soggetto è praticamente impossibile formulare una diagnosi di SBS; infatti i sintomi sono molto comuni nella popolazione generale ed è assai difficile stabilire un nesso causale tra sintomatologia e permanenza in un determinato edificio (62).

Sebbene i sintomi siano di modesta entità, i casi di S.B.S. che si verificano in ambienti lavorativi possono avere un costo molto più elevato di alcune malattie gravi ed a prognosi peggiore, a causa della riduzione diffusa della produttività.

2.7.2 - Fattori causali

L'eziologia della SBS è tuttora discussa poiché non sono stati ancora identificati uno o più fattori

causali che ricorrono costantemente nei vari episodi descritti o nel corso degli studi epidemiologici eseguiti (35) (43). Molti fattori legati all'ambiente di lavoro (uffici open space, affollamento, presenza di tappeti, moquettes, tessuti alle pareti, polvere depositata, rumore) e alle caratteristiche degli edifici (tipo di ventilazione, presenza di umidificatori dell'aria, quantità di aria esterna immessa, etc.) sono stati associati positivamente ai sintomi in alcuni studi, ma non in altri (18) (30) (48) (53) (56) (58).

Una associazione è stata stabilita anche con fattori legati a:

- tipo di lavoro come uso di videoterminali o fotocopiatrici e carta autocopiante;
- caratteristiche individuali come sesso femminile, giovane età, atopia ed allergia riferite in interviste, fumo di sigaretta;
- fattori psicosociali quali condizioni di stress lavorativo, difficoltà di rapporti con colleghi o superiori, eccessivo carico di lavoro, scarsa soddisfazione, etc (35) (42) (43).

Fattori ambientali

I sistemi di condizionamento dell'aria e le alterazioni del microclima degli ambienti cominciarono ad essere indicati come possibile causa di patologia negli anni '70. In quel periodo si notò infatti che nella maggior parte degli edifici in cui si evidenziavano situazioni di malessere, con frequenza più elevata rispetto a quanto atteso, erano operanti impianti di condizionamento d'aria globale, senza, cioè, immissione di aria fresca dall'esterno (30). Nel 1984 Finnegan et al. (19) hanno studiato nove edifici, cinque dei quali erano ad aria condizionata, uno era munito di solo impianto per la ricircolazione dell'aria e per la ventilazione meccanica e tre erano ventilati naturalmente; negli edifici ventilati meccanicamente era molto più elevata la prevalenza di cefalea, letargia, irritazione delle mucose delle prime vie aeree, sintomi di irritazione nasale, oculare e cutanea, rispetto agli edifici con ventilazione naturale.

Un certo interesse hanno suscitato le osservazioni secondo cui un eccesso di ioni negativi induceva senso di benessere, facilitava la concentrazione, riduceva i tempi di reazione, mentre un eccesso di ioni positivi, o una riduzione degli ioni negativi, provocava effetti dannosi che comprendevano irritazione delle alte vie respiratorie e degli occhi, vertigini, difficoltà di respirazione e cefalea (25) (63) (67). Robertson et al. (45) hanno quantificato gli ioni positivi e negativi in edifici con aria condizionata, in cui si erano verificati casi di sintomi irritativi, ed in edifici ad aerazione naturale in cui non erano stati segnalati disturbi. Essi hanno misurato anche la temperatura con globotermometro (calore radiante), la temperatura a bulbo secco, l'umidità relativa, il contenuto di vapore dell'aria, la velocità dell'aria, l'ossido di carbonio, l'ozono, la formaldeide. Nessuno di questi parametri è risultato significativamente diverso nei due tipi di edifici; gli Autori hanno concluso, pertanto, che fattori di altra natura dovevano essere i responsabili della sindrome dell'edificio malato.

Una notevole esperienza nel settore è stata maturata negli Stati Uniti. Fin dal 1978, infatti, il National Institute For Occupational Safety and Health (NIOSH) ha effettuato oltre 600 accertamenti in edifici in cui erano stati segnalati problemi di salute o di comfort. Dai risultati di 529 di tali rilevazioni (40) è emerso che il problema prevalente (in quasi la metà dei casi) era costituito da una ventilazione inadeguata. La causa più comune di una inefficiente ventilazione era ritenuta la ridotta immissione di aria fresca nel sistema di circolazione dell'aria, per conservare energia o ridurre i costi di manutenzione dell'edificio. Altre cause erano indicate nel cattivo funzionamento dei meccanismi di regolazione del flusso d'aria o di stratificazione dell'aria, una condizione in cui la maggior parte dell'aria fresca si sposta lungo le pareti e non si mescola totalmente con l'aria nella zona respiratoria (26). Nel 30% dei rilievi la responsabilità era attribuita alla contaminazione

dell'aria dovuta a sorgenti di inquinamento interne od esterne all'edificio, come ad esempio prese d'aria e infiltrazioni da garages o aree ad elevato traffico. Nel 10% circa dei casi erano incriminati l'eccessivo rumore, l'illuminazione, l'umidità e nel restante 10% non venivano riscontrate cause apparenti. Tali dati sono in accordo con una review sulle possibili cause di malessere negli edifici eseguita dall'equipe del HWC (Health and Welfare Canada) (29) (66). Più recentemente una ventilazione adeguata e, soprattutto, un incremento dell'apporto di aria esterna è stato ritenuto da alcuni Autori essere associato con una riduzione del rischio di Sick Building Syndrome (59). Questa affermazione è sostenuta da uno studio di follow up di una popolazione in cui, dopo il trasferimento da un vecchio edificio, scarsamente ventilato, in uno nuovo con ventilazione significativamente incrementata, è stata osservata un notevole decremento dei sintomi tipici della SBS (9). Altri autorevoli studi non confermano tuttavia questa osservazione, probabilmente perché i livelli di ventilazione iniziale erano già adeguati (34).

Sembra pertanto di poter concludere che l'aumento della ventilazione comporta una riduzione dei sintomi tipici della S.B.S. se il tasso di ventilazione iniziale è inferiore a 10 l/s/persona ma non ha alcun effetto se la ventilazione iniziale è maggiore. Inoltre in alcune occasioni livelli di ventilazione molto elevati (> 25 l/s/persona) sono stati addirittura associati ad un aumento della prevalenza dei sintomi (27) (28) (35).

Oltre alle osservazioni epidemiologiche ed alla valutazione di parametri ambientali, alcuni studi sperimentali (34) (44) suggeriscono che sia una ventilazione inadeguata che i composti organici volatili (es. benzene, stirene, tetracloroetilene, diclorobenzene, cloruro di metilene, cloroformio, ecc.) possono svolgere un ruolo notevole nella sindrome dell'edificio malato. Sterling e Sterling (57) hanno ipotizzato che la complessa sintomatologia non specifica, caratteristica della sick building syndrome, sia causata dallo "smog fotochimico", generato dall'azione dei raggi U.V. delle luci fluorescenti sui composti organici volatili presenti nell'ambiente. Infatti, nella popolazione affetta, sorvegliata dagli Autori per 10 settimane mediante controlli bisettimanali, i sintomi irritativi a carico degli occhi si sono ridotti del 6.8% quando la percentuale di aria fresca è stata aumentata, dell'8% quando sono state installate luci fluorescenti bianche standard, e del 31.2% quando i due cambiamenti sono stati fatti simultaneamente.

Fattori psico-sociali

Recentemente diversi Autori hanno affrontato il problema della possibile attribuzione della sintomatologia negli impiegati operanti in uffici di recente costruzione a fenomeni di isteria di massa o comunque a componenti psicologiche, soprattutto nei casi in cui nessuna sostanza chimica e nessun agente biologico potevano ritenersi fattori causali (30). Diversi elementi però tendono ad escludere l'ipotesi di isteria di massa in questi casi e giungere ad una tale diagnosi sulla base della esclusione di una eziologia chimica, fisica o biologica appare oggi piuttosto semplicistico (15) (30).

Skov et al. (50) in Danimarca hanno evidenziato che il sesso femminile, la categoria lavorativa, le mansioni (manipolare carte autocopianti, usare la fotocopiatrice ed il videoterminale), fattori psicosociali presenti sul lavoro (insoddisfazione dei rapporti con i superiori e con i colleghi, carico di lavoro inibente la soddisfazione della propria opera) sono associati con la irritazione delle mucose e con i sintomi generali tipici della S.B.S. Tuttavia l'insieme di tali fattori psicosociali non era in grado di spiegare la prevalenza significativa dei sintomi riferibili alla sick building syndrome in alcuni degli edifici studiati. Al contrario, fattori legati all'edificio (es. microclima) risultavano fortemente associati con tale prevalenza sintomatologica.

Infine deve essere attentamente considerata l'influenza sui sintomi esercitata dalla preoccupazione degli occupanti gli edifici malati circa la sicurezza degli stessi; tale preoccupazione può derivare sia dalla memoria della presenza di fattori di rischio ormai rimossi, sia dalla difficoltà di individuare

una specifica eziologia dei disturbi lamentati (30).

Recentemente studi epidemiologici che hanno coinvolto oltre 2000 lavoratori di ufficio in edifici selezionati a caso a Singapore, hanno dimostrato che lo stress lavorativo è un fattore di rischio rilevante per il manifestarsi di sintomi tipici della S.B.S. (41)). Altri fattori significativi erano un basso comfort termico, rumore eccessivo, scarsa illuminazione, storia di allergia, giovane età e sesso femminile (42).

2.7.3 - La SBS in Italia

Le prime osservazioni sulla SBS sono state eseguite nel Nord Europa e, dopo circa 10 anni, nel Nord America, in Canada, in Sud Africa, in Asia. In questi Paesi il clima, la tradizione architettonica, le tecniche costruttive, i materiali usati, la diffusione e le caratteristiche dei sistemi di condizionamento dell'aria sono molto diversi da quelli italiani. Anche gli orari e l'organizzazione del lavoro, sia nel terziario pubblico che privato, sono assolutamente diversi.

In Italia non sono stati eseguiti studi epidemiologici su larga scala che abbiano interessato più edifici. Dalla letteratura internazionale e dall'esame di atti di Congressi emerge soltanto la descrizione di episodi "simili" alla SBS occorsi in uffici, ospedali, biblioteche (1) (8) (36) (37). Le osservazioni italiane si riferiscono per lo più a popolazioni lavorative in cui si erano manifestati disturbi dopo il trasferimento da edifici tradizionali a nuovi edifici, costruiti con tecniche moderne e dotati di aria condizionata, con parziale ricircolo o senza ricircolo, ed umidificazione.

Le caratteristiche del primo di questi episodi, descritto in un edificio adibito ad uffici della città di Perugia nel 1989 (1), e degli episodi successivi sono molto simili a quelle dei casi verificatisi in altri Paesi. Anche nell'esperienza italiana le alterazioni dei parametri ambientali misurati, sebbene in alcuni casi significative (es. rilievo di fibre di vetro su pavimento e superfici, bassa umidità dell'aria, eccessiva illuminazione, elevata temperatura, etc.) non sembrano poter giustificare l'elevatissima prevalenza di una sintomatologia così complessa e strettamente correlata con la permanenza negli edifici studiati.

Da notare che l'impiego della regressione logistica multipla nell'analisi statistica ha permesso in alcuni casi di rilevare interessanti associazioni tra gruppi di sintomi (es. oculari, delle vie aeree superiori, cutanei e generali) e fattori aggiuntivi a quelli legati all'edificio. In uno dei pochi studi esistenti condotti in ospedali moderni è stato ad esempio rilevato che i sintomi irritativi oculari erano anche associati con il lavoro a turni, quelli delle vie aeree con il sesso femminile, quelli cutanei sia con il sesso femminile che con il lavoro a turni, quelli generali con l'esposizione a fumo passivo (36).

In Italia è stato condotto anche uno studio su un nuovo edificio condizionato apparentemente senza problemi (37). L'indagine ha evidenziato una maggiore prevalenza di sintomi irritativi oculari, cutanei e delle prime vie aeree fra gli occupanti di questo edificio rispetto ad impiegati operanti in edifici tradizionali e con ventilazione naturale.

Inoltre sono state eseguite ricerche volte ad evidenziare alterazioni obiettive delle vie aeree e degli occhi in popolazioni con elevata prevalenza di sintomi tipici della SBS. Da tali studi è emersa soltanto una conferma della possibile alterazione della stabilità del film lacrimale, associata o meno a sintomi irritativi oculari (38).

Infine, alcuni lavori hanno focalizzato l'attenzione sui costi, in termini puramente economici, di

episodi di Sick Building Syndrome, confermandone l'elevato impatto sociale (16).

2.7.4 - Considerazioni conclusive e linee di ricerca

L'espressione S.B.S. indica un quadro sintomatologico abbastanza ben definito, descritto negli ultimi 20 anni, che si manifesta in un elevato numero di occupanti edifici moderni e dotati di aria condizionata e tende a risolversi dopo l'uscita dagli stessi. I reperti obiettivi sono limitati, probabilmente, ad una riduzione della stabilità del film lacrimale. La sindrome è stata descritta dapprima in Paesi del Nord Europa, in America, in Canada, più recentemente in Sud Africa ed in Asia. In Italia sono riportati solo episodi, sebbene significativi, da oltre 10 anni.

L'eziologia è ancora sconosciuta, probabilmente multifattoriale e variabile da caso a caso. Fattori legati agli edifici, ai sistemi di condizionamento e di ventilazione, ai programmi di manutenzione, al tipo e alla organizzazione del lavoro e fattori personali svolgono certamente un ruolo rilevante.

Ricerche future in Italia sono indispensabili al fine di:

- 1) Definire la prevalenza di cause di disagio e di sintomi, soprattutto in coloro che occupano moderni edifici muniti di aria condizionata e di ventilazione meccanica.
- 2) Definire le eventuali cause di disagio e la prevalenza di sintomi in coloro che soggiornano in particolari ambienti quali case mobili e pre-fabbricate.
- 3) Definire le caratteristiche delle cause di disagio ed il tipo di sintomi a carico degli occhi, della cute, delle vie aeree e generali.
- 4) Valutare le caratteristiche degli edifici ed identificare i possibili fattori di rischio per la salute di coloro che li occupano.
- 5) Studiare l'importanza di variabili personali, legate al lavoro e psico-sociali (quali sesso, età, grado di istruzione, abitudini di vita, categoria lavorativa) nella genesi di eventuali condizioni di discomfort e di sintomi.
- 6) Valutare con tests clinici e strumentali le alterazioni a livello delle vie respiratorie.
- 7) Valutare con tests clinici e strumentali le alterazioni oculari.
- 8) Valutare con tests clinici e strumentali le alterazioni del Sistema Nervoso Centrale.
- 9) Verificare l'influenza della ipersensibilità ai più comuni allergeni e della condizione di atopia sulla prevalenza dei sintomi e delle eventuali alterazioni respiratorie ed oculari.
- 10) Verificare i costi in termini di salute ed economici.
- 11) Individuare e programmare gli interventi più efficaci per la prevenzione.

Studi osservazionali su larga scala, studi di follow-up, studi sperimentali in ambienti controllati e sul campo sono i più adeguati ad ottenere le informazioni necessarie a definire le priorità di intervento.

2.8 – Effetti irritativi e sul comfort della qualità dell'aria indoor

2.8.1 Definizione di comfort ambientale

Comfort ambientale e benessere microclimatico si riferiscono ad una condizione dell'aria percepita come ottimale dal soggetto dal punto di vista delle proprietà sia fisiche (temperatura, umidità, ventilazione) che chimiche (aria "pulita" o "fresca"). Dal punto di vista igienico-sanitario una condizione ambientale è quindi da considerare accettabile non solo quando i principali parametri microclimatici sono nell'intervallo di normalità e nell'aria non sono presenti contaminanti specifici in concentrazioni dannose ma, soprattutto, quando la grande maggioranza delle persone esposte (80% o più) sono soddisfatte della qualità dell'aria .

E' da sottolineare che hanno un ruolo fondamentale nello sviluppo degli effetti sulla salute, oltre ai livelli di esposizione, anche le caratteristiche individuali dei soggetti presenti, che causano differenze nella manifestazione di tali effetti (susceptibilità individuale). La risposta dei singoli individui ad una stessa esposizione ambientale, o di uno stesso individuo nel tempo, può infatti variare per una serie di condizioni personali. Alla base della ipersusceptibilità vi possono essere fattori genetici congeniti (es. deficit enzimatici) o fattori fisiologici o patologici (es. età, sesso, gravidanza, stato nutrizionale, abitudine al fumo, malattie preesistenti, allergia, asma). Gruppi della popolazione particolarmente ipersusceptibili sono i bambini, gli anziani, le donne gravide ed i soggetti con situazioni patologiche preesistenti, quali malattie polmonari, asma bronchiale, sensibilizzazione allergica.

Fra i diversi fattori che incidono sulla "qualità" degli ambienti in cui si vive e si lavora e quindi sul benessere delle persone, il microclima e l'inquinamento chimico rivestono una importanza fondamentale.

2.8.2 - Fattori microclimatici e benessere

Per microclima si intende il complesso dei parametri ambientali che condizionano lo scambio termico soggetto-ambiente. Il conseguimento del benessere termico, cioè lo stato di piena soddisfazione nei confronti dell'ambiente stesso, costituisce per l'uomo una condizione indispensabile e prioritaria per il conseguimento del benessere totale. Occorre quindi nella valutazione del benessere termico considerare sia l'uomo con le sue capacità di regolazione della temperatura corporea, che l'ambiente ed i parametri che lo caratterizzano.

L'uomo, come tutti i mammiferi e la maggior parte degli uccelli, è animale omeotermo o a sangue caldo. Ciò significa che condizioni di salute e di benessere sono possibili solo entro un campo estremamente ristretto di valori di temperatura corporea interna, sotto il controllo del sistema di regolazione termica; questo intervallo è compreso tra i 35,8°C e 37,2°C. Affinchè la temperatura corporea rimanga costante è necessario che il bilancio termico sia uguale a zero, il che significa che la quantità di calore prodotta o assunta dall'organismo, sia uguale a quella dissipata nell'ambiente; in questa condizione la temperatura corporea interna viene mantenuta nell'intervallo di normalità.

L'esposizione ad alte e basse temperature determina la messa in moto di una serie di meccanismi fisiologici finalizzati al mantenimento dell'omeotermia. In condizioni ambientali favorevoli tale condizione è mantenuta con il minimo impegno dei sistemi di termoregolazione; in

condizioni ambientali sfavorevoli il mantenimento di una temperatura corporea costante è invece possibile solo attraverso un efficace funzionamento dei meccanismi di termoregolazione, ma tale condizione non è definibile come stato di salute né tanto meno di benessere, data la manifestazione degli interventi del sistema di termoregolazione (es. orripilazione, brividi oppure arrossamento e sudorazione). Per condizione di benessere termico si intende, quindi, una situazione nella quale al soggetto corrisponde uno stato psicofisico di soddisfazione nei riguardi dell'ambiente, con il minimo impegno del sistema di termoregolazione.

Per quanto concerne i fattori determinanti il benessere termico, il raggiungimento di condizioni di benessere dipende sia da fattori fisici ambientali che regolano gli scambi termici con l'ambiente sia da fattori soggettivi. I parametri fisici comprendono la temperatura secca e radiante, l'umidità, la velocità ed il numero di ricambi dell'aria. I fattori soggettivi che intervengono nel determinare la sensazione termica sono principalmente il tipo di attività fisica svolta, che è fonte del calore metabolico, ed il tipo di abbigliamento indossato che interferisce negli scambi termici tra soggetto ed ambiente. La sensazione termica dell'individuo è anche legata a caratteristiche fisiologiche e comportamentali peculiari dell'individuo stesso e anche a fattori di tipo psicologico (es. preferenze per ambienti caldi piuttosto che freddi, motivazione al lavoro, ecc.).

Gli indici di benessere termico che comunemente vengono indagati nella valutazione della qualità dell'aria indoor (PMV - PPD) fondono in unico valore numerico correlabile alla sensazione di benessere dei soggetti, i diversi parametri relativi sia all'ambiente che ai soggetti stessi. Il calcolo degli indici di benessere termico è necessario ma non sufficiente per la valutazione complessiva di benessere termico.

Perché vi sia benessere deve essere nullo anche il disagio dovuto a non uniformità delle variabili ambientali, cioè non deve esservi "disagio locale". Le cause di "disagio locale" sono sostanzialmente quattro: elevata differenza verticale di temperatura; pavimento troppo caldo o troppo freddo; correnti d'aria; elevata asimmetria di temperatura radiante. La valutazione completa di benessere termico prevede pertanto che anche queste condizioni siano prese in considerazione sia in fase di studio che successivamente in quella di intervento.

2.8.3 - Inquinamento indoor e benessere

Tra le patologie determinate dall'esposizione ad agenti indoor, le forme più frequenti sono proprio quelle che comprendono quadri clinici caratterizzati da effetti irritativi e neurosensoriali che determinano condizioni di malessere, diminuzione del comfort degli occupanti e percezione negativa della qualità dell'aria (3,5,7).

2.8.3.1 - Effetti irritativi su cute e mucose (occhio, naso, gola)

L'esposizione della cute o delle mucose di occhio, naso e gola a inquinanti aerodispersi può causare manifestazioni irritative nella sede di contatto. I sintomi associati all'irritazione sono conseguenti ad alterazioni infiammatorie delle parti di contatto oppure alla iperstimolazione diretta dei recettori sensitivi (olfatto, vista, gusto, ecc.).

L'irritazione cutanea o delle mucose comporta notevole fastidio al soggetto colpito, ma raramente è un evento a prognosi grave. Nel loro complesso gli effetti irritativi rappresentano un considerevole inconveniente in quanto possono interessare un gran numero di persone all'interno degli edifici e

possono interferire con le attività in essi svolte. L'entità dei soggetti colpiti dipende anche da fattori individuali, quali l'iperreattività e la presenza di altre condizioni predisponenti.

I principali composti chimici responsabili di reazioni irritative negli ambienti confinati sono: formaldeide e altre aldeidi, composti organici volatili (VOC) e sostanze presenti nel fumo di tabacco ambientale, fibre minerali artificiali. L'intensità della risposta dell'organismo all'effetto irritante dipende anche da alcuni parametri microclimatici, quali temperatura ed umidità.

La formaldeide, essendo altamente idrosolubile, causa irritazione delle congiuntive oculari e delle prime vie aeree. Bruciore agli occhi, lacrimazione e irritazione delle vie aeree superiori si hanno a concentrazioni di 0,1-5 ppm. L'odore della formaldeide è generalmente avvertito alla concentrazione di 1 ppm ma alcuni individui sono in grado di rilevarlo anche a 0,05 ppm. Concentrazioni pari a 10-20 ppm possono causare tosse, senso di pressione alla testa, palpitazioni, tensione al torace. C'è un ampio intervallo di suscettibilità individuale agli effetti irritanti della formaldeide. È stato stimato che il 10-12% della popolazione generale risponde agli stimoli irritativi della formaldeide a concentrazioni abnormemente basse. Un gruppo a rischio sembra essere rappresentato dagli asmatici, nei quali si può avere l'insorgenza di crisi dispnoiche a livelli di esposizione tra 0,25 e 5 ppm di formaldeide (5).

Altre aldeidi quali acetaldeide ed acroleina, che si ritrovano principalmente nel fumo di tabacco, sono noti irritanti; tuttavia non è stato ancora ben definito quanto questi composti siano responsabili degli effetti irritativi osservati per l'esposizione a miscele complesse come il fumo di tabacco negli ambienti confinati.

I composti organici volatili anche a basse concentrazioni possono causare effetti irritativi e numerosi studi sugli effetti acuti indicano che i VOC, alle concentrazioni ritrovate negli edifici nuovi, possono causare irritazione dei tessuti oculari e sono implicati nell'insorgenza della SBS (3).

Il fumo di tabacco ambientale (ETS) è costituito da una miscela complessa di sostanze, molte delle quali (CO, nicotina, NOx, acroleina, benzo(a)pirene, composti azotati e il particolato respirabile), sono stati frequentemente misurati negli ambienti confinati. L'esposizione passiva al fumo di tabacco produce effetti irritativi a carico degli occhi e del rinofaringe. I sintomi più frequenti sono: irritazione delle congiuntive con lacrimazione, fastidio al naso, starnutazione, mal di gola e tosse. La temperatura e l'umidità influenzano notevolmente il livello di irritazione delle mucose di soggetti non fumatori esposti ad ETS.

Anche le fibre minerali artificiali, in particolare la lana di vetro, possono essere responsabili di effetti irritativi cutanei che si manifestano con prurito intenso conseguente alla stimolazione meccanica diretta delle microfibre aerodisperse che si depositano sulla cute. Epidemie di dermatiti da fibre minerali sono state osservate in edifici, specialmente in occasione di lavori di manutenzione su pannelli coibentanti, od a seguito di contaminazione delle condutture dell'aria forzata causate da rotture dei condotti e penetrazione delcoibente nel quale erano avvolte.

2.8.3.2 - Effetti sensoriali associati alla qualità dell'aria indoor

Gli effetti sensoriali sono definiti come sensazioni soggettive negative conseguenti a stimoli ambientali che non causano danni permanenti. Rispondono alle sollecitazioni ambientali non solo vista, udito, tatto, odorato ma anche recettori (chemorecettori) meno specifici situati nella pelle e nelle mucose della bocca e degli occhi.

Stimoli sensoriali indesiderati di qualsiasi natura (quali ad es. rumore, eccessiva luminosità, freddo, ecc.) vengono integrati a livello del cervello e percepiti dal soggetto come disagio. Questi segnali

hanno diretti termini fisici di correlazione, ad esempio pressione del suono, rapporto di contrasto e gradi di temperatura, ma la loro caratterizzazione qualitativa (che siano cioè disagiati o meno) dipende anche dallo stato del soggetto ricevente, dalla sua motivazione e da altre componenti ambientali. Altri tipi di segnali sono meno coscienti e possono essere il risultato della sollecitazione di recettori non specifici che reagiscono a più tipi di stimoli fisici o chimici. E' questo il caso delle terminazioni periferiche del nervo trigemino e del senso dell'odorato. Questi stimoli talvolta sono così intensi da generare delle reazioni nervose locali (arco riflesso) con stimolazione delle ghiandole lacrimali, vasodilatazione e prurito nelle zone di cute interessate (irritazione sensoriale).

L'uomo percepisce i differenti segnali dell'ambiente che lo circonda e ne dà una valutazione integrata con un giudizio finale di cattiva o buona qualità dell'aria e di comfort o disagio. Non è noto come differenti segnali sensoriali siano integrati a dare la percezione di comfort e la sensazione di buona qualità d'aria. Si presume che la qualità dell'aria ed il fastidio ad essa associato siano collegati in particolare alla stimolazione sia del nervo trigemino che di quello olfattorio.

Parecchie sostanze, il cui odore è percepibile, sono anche irritanti specialmente ad alte concentrazioni. Tuttavia non esiste necessariamente correlazione tra odore percepito dall'olfatto e irritazione dei tessuti, o tra l'intensità dell'odore percepito e tossicità delle sostanze inalate. L'odore è pertanto solo rilevante per il comfort ma non per altri rischi per la salute.

Gli **effetti a breve termine** collegati alla stimolazione sensoriale disagiata sono spesso aspecifici. Molti di questi effetti sono funzionali e secondariamente innescati da riflessi nervosi. Tali effetti comprendono sintomi soggettivi e segni obiettivi quali sensazione di bruciore o irritazione a livello oculare, nasale o della gola, modifica della frequenza di ammiccamento e nel complesso mancanza di comfort ambientale.

Vi possono essere anche **effetti a lungo termine** collegati ad un disagio prolungato, quali ad esempio irritabilità, depressione, incapacità di concentrazione, ansietà, cefalea, problemi di digestione, mal di schiena ed insonnia. Infine alterazioni comportamentali o effetti psico-sociali sono altri tipi di effetti secondari che possono essere osservati in presenza di disagio sensoriale legato alla qualità dell'aria; esempi di tali effetti di una certa rilevanza sono assenteismo, conflittualità, decremento della produttività, ecc. Stime della Organizzazione Mondiale della Sanità indicano che effetti sensoriali primari o secondari, espressione di disagio, si rilevano nei soggetti che risiedono nel 30% di tutte le nuove costruzioni.

I **principali agenti** associati ad effetti sensoriali nell'ambiente indoor sono sostanze chimiche quali la formaldeide ed alcuni composti organici volatili (VOC). La formaldeide è un potente irritante e può essere presente nell'aria indoor in concentrazioni che causano irritazione sensoriale agli occhi (con lacrimazione) ed all'apparato respiratorio. L'esposizione a formaldeide causa fatica olfattoria con conseguente riduzione della sensibilità percettiva ad altre sostanze. Molti VOC sono percettibili all'olfatto e possono contemporaneamente causare irritazione delle mucose, irritazione sensoriale e delle vie respiratorie alle concentrazioni normalmente presenti negli edifici, mentre effetti tossici acuti a carico di vari organi si hanno solo a concentrazioni più elevate. Anche alcuni agenti biologici, in particolare muffe e batteri, possono determinare effetti olfattivi. In particolare numerosi agenti biologici sono stati dimostrati produrre miscele di composti organici (comprendenti alcoli, esteri, aldeidi e aromatici) che determinano il cosiddetto odore di muffa.

Vi sono larghe differenze nella **sensibilità** sensitiva e dell'olfatto degli individui. Numerosi studi hanno indicato una maggiore sensibilità dei soggetti di sesso femminile rispetto a quelli di sesso maschile; in alcuni studi tuttavia questa differenza legato al sesso scompare quando vengono correttamente presi in considerazione anche altri fattori quali l'età, il livello e la soddisfazione professionale, la localizzazione del posto di lavoro nell'edificio. In particolare per quanto concerne

l'età, in molti soggetti l'invecchiamento appare determinare una riduzione della sensibilità olfattiva, mentre per la sensibilità percettiva agli stimoli irritativi ambientali le conoscenze sono ancora carenti.

2.9 – La sindrome da sensibilità chimica multipla

Con il termine di sindrome da sensibilità chimica multipla (o Multiple Chemical Sensitivity syndrome - M.C.S.) si definisce una sindrome caratterizzata da reazioni di intolleranza dell'organismo ad agenti chimici ed ambientali presenti, singolarmente o in combinazione, a concentrazioni generalmente tollerate dalla maggioranza dei soggetti (4). La reale esistenza e definizione di questa sindrome è oggetto di ampio dibattito a livello scientifico ed al momento non vi sono ancora solidi parametri di riferimento per la diagnosi di tale patologia.

Generalmente la sintomatologia si manifesta dopo un'esposizione o una ritenuta esposizione ad agenti ambientali, spesso segnalata come percezione di uno o più odori; talvolta però non è dimostrabile una relazione temporale tra sintomatologia ed esposizione. La M.C.S. colpisce soggetti che sono frequentemente intolleranti anche a cibi. Il quadro sintomatologico comprende sintomi e disturbi numerosi ed aspecifici, a carico di più organi; generalmente sono interessati il sistema nervoso e almeno un altro organo o apparato. Tra i vari sintomi spiccano malessere generale, senso di stanchezza, turbe neurovegetative (nausea, tachicardia), turbe neurologiche (mal di testa, vertigine, perdita di memoria), turbe dell'umore (ansia, depressione, disturbi psichici vari), dolori muscoloscheletrici, disturbi gastrointestinali e delle vie respiratorie. Il quadro può presentare vari gradi di severità, dal solo malessere e discomfort fino ad una grave compromissione della qualità di vita.

L'esame del paziente non evidenzia generalmente dati obiettivi anormali, né sono presenti alterazioni cliniche ai test di laboratorio e strumentali. In particolare deve essere esclusa una patologia allergica e di tipo psicologico.

Il miglioramento della sintomatologia si realizza con l'allontanamento dagli agenti causali sospettati. In casi estremi i disturbi scompaiono solo isolando il paziente in ambienti a bassissima contaminazione (es. alta montagna).

Allo stato attuale non è stato ancora definito il meccanismo causale. In un recente workshop dedicato a questa sindrome, al quale hanno partecipato i maggiori esperti sull'argomento, è stato ipotizzato trattarsi di una intolleranza a livelli molto bassi di inquinanti chimici che si sviluppa attraverso due fasi: una fase di induzione determinata da un'esposizione acuta o cronica ad un agente chimico e, quindi, una seconda fase caratterizzata dalla insorgenza dei sintomi dovuta ad esposizioni a livelli molto bassi della stessa sostanza o di altre sostanze prima tollerate (es. profumi, farmaci, alcool, caffeina, cibi) (2). Secondo questa teoria la malattia è maggiormente legata ad una condizione di ipersuscettibilità individuale, piuttosto che alla tossicità delle sostanze.

Altre ipotesi ritengono che la sindrome sia caratterizzata da disturbi indotti da stress, sviluppati principalmente dalla sensazione di immediato pericolo derivante dall'esposizione a sostanze sconosciute o che si tratti di una complessa sindrome psicosomatica. E' abbastanza riconosciuto che la sindrome sviluppi successivamente conseguenze negative di natura psicologica nel soggetto affetto, a causa dello stress prodotto dalla compromissione della qualità di vita.

Si segnala infine che alcuni autori avanzano dubbi sulla reale esistenza di questa malattia come entità patologica a sé stante.

2.10 – Intossicazione da monossido di carbonio

Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore, inodore e non irritante; si produce per combustione incompleta di qualsiasi materiale organico, in presenza di scarso contenuto di ossigeno nell'ambiente. Per le sue caratteristiche può essere inalato in modo subdolo ed impercettibile, fino a raggiungere nell'organismo concentrazioni letali.

Negli Stati Uniti, dove costituisce la prima tra le cause di morte per intossicazione, si verificano ogni anno circa 600 decessi per cause accidentali e da 3000 a 6000 per intossicazione volontaria (9); sempre negli USA si stima che ogni anno più di 10.000 persone perdono una o più giornate di lavoro a causa di esposizioni subletali (23).

In Italia le statistiche ufficiali più recenti (18) riportano 500-600 morti l'anno, di cui circa i 2/3 per intossicazione volontaria. Tali cifre sicuramente sottostimano l'entità del problema poiché molti casi di intossicazione, soprattutto quelli accidentali o i casi non mortali, non vengono correttamente diagnosticati e registrati.

Le manifestazioni cliniche dell'intossicazione da CO sono eterogenee e la severità della forma dipende dalla concentrazione del CO nell'aria inspirata, dalla durata dell'esposizione e dalle condizioni di salute delle persone coinvolte (23). Particolarmente sensibili all'azione dell'ossido di carbonio sono gli anziani, le persone con affezioni dell'apparato cardiovascolare (2) e respiratorio, la donna gravida, il feto, il neonato (22) e i bambini in genere (11).

La sequenza degli eventi clinici è abbastanza ben correlata con le concentrazioni di carbossiemoglobina nel sangue (8). Per concentrazioni di COHb inferiori al 10% non si hanno effetti apprezzabili in individui sani, mentre nei broncopneumopatici si riduce la tolleranza all'esercizio fisico e nei coronaropatici si abbassa la soglia per la comparsa di angina pectoris. Per concentrazioni di COHb tra il 10% e il 20% compaiono cefalea, difficoltà di concentrazione e diminuita capacità di calcolo, senso di instabilità, nausea e vasodilatazione cutanea. Tra 20 e 30% di COHb la cefalea è costante, si manifestano confusione mentale, dispnea e cardiopalmo, vomito e, specialmente nei bambini, dolori addominali e diarrea. Al di sopra del 30% di COHb insorgono astenia profonda, tachicardia, aritmie, crisi anginose, vertigini, acufeni, turbe del visus, agitazione psicomotoria, convulsioni e lipotimia. Quando la concentrazione di COHb supera il 50-60% subentrano stato di coma, gravi aritmie cardiache, respiro di Cheyne-Stokes, edema polmonare, ipotensione e stato di shock. Per concentrazioni superiori all'80% si ha l'exitus per arresto cardiorespiratorio. Superata la fase acuta è possibile l'instaurarsi di sequele soprattutto di tipo neuropsichiatrico consistenti in deterioramento intellettuale, perdita di memoria, modificazione di personalità, danni cerebrali, cerebellari e a tipo parkinsoniano (5,20).

Molto si è discusso sull'esistenza di un quadro di intossicazione cronica da CO. In alcuni soggetti esposti per lungo tempo all'assorbimento di piccole quantità del tossico, è stata descritta una sintomatologia caratterizzata da astenia, cefalea, vertigini, nevriti, sindromi parkinsoniane ed epilettiche, aritmie, crisi anginose (19).

Aspetti preventivi

Una corretta informazione della popolazione generale sulla pericolosità del monossido di carbonio rappresenta il punto centrale nella prevenzione degli effetti dannosi da monossido di carbonio. Campagne informative dovrebbero essere condotte soprattutto nei periodi a maggiore rischio, come durante i mesi invernali, o in previsione di tempeste e forti venti.

Gli impianti di riscaldamento devono essere sottoposti ad una regolare manutenzione da parte di personale specializzato. I motori degli autoveicoli vanno tenuti spenti negli spazi chiusi. I sistemi di cottura, progettati per l'utilizzo all'aria aperta non devono essere usati all'interno di spazi chiusi.

L'uso di apparecchiature rivelatrici della presenza di CO può essere incoraggiato, ma non deve essere considerato una alternativa ad una appropriata manutenzione.

La classe medica deve essere sensibile in modo particolare al problema, considerando sempre il monossido di carbonio come probabile agente eziologico in presenza di quadri clinici compatibili.

Linee di ricerca

Spunti per lo sviluppo della ricerca scientifica nell'ambito dell'inquinamento ambientale da monossido di carbonio possono essere:

Sviluppo di sistemi di monitoraggio ambientale: particolarmente interessante si presenta la possibilità di controllare i livelli di inquinamento mediante l'uso di rilevatori portatili, sia in ambienti di vita che in ambito lavorativo.

Validazione di valori limite indoors: sarebbe necessario definire standards o linee guida sia a livello nazionale che europeo per gli ambienti di vita di lavoro non industriali.

Indagini epidemiologiche su campioni di popolazione generale: al fine di valutare l'esposizione all'interno delle abitazioni, particolarmente nei mesi freddi dell'anno.

Definizione delle metodologie informatiche: allo scopo di documentare la prevalenza delle intossicazioni acute, letali e non, che giungono alle strutture di Pronto Soccorso o alle Unità di Terapia Intensiva.

Valutazione delle strategie di informazione della popolazione più efficaci: al fine della prevenzione delle intossicazioni acute.

2.11 – Effetti da esposizione ad antiparassitari e insetticidi di uso domestico

Gli antiparassitari sono composti organici, di solito relativamente volatili, che vengono applicati dentro e intorno agli edifici per combattere insetti e altri infestanti indesiderati.

Questi composti sono tossici per definizione ed esercitano i loro effetti principalmente sul sistema nervoso, sul fegato e sull'apparato riproduttore. Taluni sono anche sensibilizzanti allergici. Le relazioni dose-risposta per questi composti sono in parte derivabili da studi sperimentali che vengono eseguiti per la commercializzazione di queste sostanze. Vi è anche un possibile rischio mutageno e/o cancerogeno, tuttavia gli effetti sull'uomo per esposizione protratta a basse concentrazioni non sono di facile estrapolazione. Per questo gruppo di sostanze non esistono dati sull'entità della esposizione della popolazione.

Un settore particolare di applicazione di questi composti è il trattamento antimuffa del legno. Una rilevante esposizione cronica ad antiparassitari (in particolare pentaclorofenolo) è stata documentata in soggetti che abitano ambienti ove vi è presenza di superfici di legno trattate, che rilasciano lentamente e per anni tali composti nell'aria ambientale.

2.12 - Bibliografia

Bibliografia paragrafo 2.2.1 (Effetti cancerogeni del fumo passivo)

1. Hirayama T. Non-smoking wives of heavy smokers have a higher risk of lung cancer: A study from Japan. *Br Med J (Clin Res Ed)* 1981;282(6259):183-185.
2. Hirayama T. Cancer mortality in nonsmoking women with smoking husbands based on a large-scale cohort study in Japan. *Prev Med* 1984;13:680-690.
3. Trichopoulos D, Kalandidi A, Sparros L, MacMahon B. Lung cancer and passive smoking. *Int J Cancer* 1981;27(1):1-4.
4. Trichopoulos D, Kalandidi A, Sparros L. Lung cancer and passive smoking: conclusion of Greek study. *Lancet* 1983;2:677-678.
5. International Agency for Research on Cancer (IARC). IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans: Tobacco Smoking. Lyon, France:World Health Organization, IARC; 1986.
6. National Research Council (NRC), Committee on Passive Smoking. Environmental Tobacco Smoke: Measuring exposures and assessing health effects. Washington, D.C.:National Academy Press. 1986.
7. US Department of Health and Human Services (USDHHS). The health consequences of involuntary smoking: A Report of the Surgeon General. Washington, D.C.:U.S. Government Printing Office. 1986. DHHS Publication No. (CDC) 87-8398.
8. Saracci R, Riboli E. Passive smoking and lung cancer: current evidence and ongoing studies at the International Agency for Research on Cancer. *Mutat Res* 1989;89:117-127.
9. US Environmental Protection Agency (EPA). Respiratory health effects of passive smoking: Lung cancer and other disorders. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office. 1992. EPA/600/006F.
10. Fontham ETH, Correa P, Reynolds P, Wu-Williams A, Buffler PA, Greenberg RS, Chen VW, Alterman T, Boyd P, Austin DF, Liff J. Environmental tobacco smoke and lung cancer in nonsmoking women: A multicenter study. *JAMA* 1994;271:1752-1759.
11. Hackshaw AK, Law MR, Wald NJ. The accumulated evidence on lung cancer and environmental tobacco smoke. *BMJ* 1997;315:980-988.
12. Wells AJ. Lung cancer from passive smoking at work. *Am J Public Health* 1998 Jul;88(7):1025-9.
13. Boffetta P, Agudo A, Ahrens W, Benhamou E, Benhamou S, Darby SC, Ferro G, Fortes C, Gonzalez CA, JockelKH, Krauss M, Kreienbrock L, Kreuzer M, Mendes A, Merletti F, Nyberg F, Pershagen G, Pohlabeln H, Riboli E, Schmid G, Simonato L, Tredaniel J, Whitley E, Wichmann HE, Saracci R, et al.: Multicenter case-control study of exposure to environmental tobacco smoke and lung cancer in Europe. *J Natl Cancer Inst* 1998 Oct 7;90(19):1440-50.

Bibliografia paragrafo 2.2.2 (Radon)

14. IARC (International Agency for Research on Cancer / World Health Organization). IARC Monograph on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Man-made mineral fibres and Radon. IARC Monograph Vol.43, Lyon, France, 1988.
15. Axelson O. Occupational and environmental exposures to radon: cancer risks. *Annu Rev Publ Health* 1991; 12:235-55.
16. Lubin JH, Boice JD Jr, Edling C, Hornung RW, Howe GR, Kunz E, Kusiak RA, Morrison HI, Radford EP, Samet JM, et al. Lung cancer in radon-exposed miners and estimation of risk from indoor exposure. *J Natl Cancer Inst* 1995 Jun 7;87(11):817-27.
17. Forastiere F., Valesini S., Arca' M., Magliola M.E., Michelozzi P., Tasco C. Lung Cancer and Natural Radiation in an Italian Province. *The Science of the Total Environment* 1985; 45:519-526.
18. Stidley CA., Samet JM. A review of ecologic studies of lung cancer and indoor radon. *Health Phys.* 1993; 65:234-251.
19. Axelson O., Edling C., Kling H. Lung cancer and residency: a case-referent study on the possible impact of exposure to radon and its daughters in dwellings. *Scand. J. Work. Environ. Health* 5: 10-15; 1979.
20. Edling C., Kling H., Axelson O. Radon in homes: a possible cause of lung cancer. *Scand. J. Work. Environ. Health* 10: 25-34; 1984.
21. Edling C., Wingren G., Axelson O. Quantification of the lung cancer risk from radon daughter exposure in dwellings: an epidemiological approach. *Environ. Int.* 12: 55-60; 1986.
22. Svensson C., Eklund G., Pershagen G. Indoor exposure to radon from the ground and bronchial cancer in women. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 59: 123-131; 1987.
23. Axelson O., Andersson K., Desai G., Fagerlund I., Jansson B., Karlsson C., Wingren G. Indoor radon exposure and active and passive smoking in relation to the occurrence of lung cancer. *Scand. J. Work. Environ. Health* 14: 286-292; 1988.
24. Lees R., Steele R., Roberts J. A case-control study of lung cancer relative to domestic exposure. *Int. J. Epidemiol.* 16: 7-12; 1987.
25. Blot W.J., Xu Z.Y., Boice J.D., Zhao D.Z., Stone B.J., Sun J., Jing L.B., Frammeni J.F. Indoor radon and lung cancer in China. *J. Natl. Cancer Inst.* 82: 10-25; 1990.
26. Schoenberg J.B., Klotz J.B., Wilcox H.B., Nicholls G.P., Gil-del-Real M.T., Stemhagen A., Mason T.J. Case-Control Study of Residential Radon and Lung Cancer among New Jersey Women. *Cancer Res.* 50: 6520-6524; 1990.
27. Ruosteenoja E. Indoor radon and risk of lung cancer: an epidemiological study in Finland. Rep. STUK (Finnish Centre for Radiological and Nuclear Safety) Rep.A99, Helsinki, Finland; 1991.
28. Ruosteenoja E., Mäkeläinen I., Rytömaa T., Hakulinen T., Hakama M.. Radon and Lung Cancer in Finland. *Health Phys.* 71(2): 185-189; 1996.
29. Pershagen G., Liang Z.H., Hrubec Z., Svensson C., Boice J.D. Jr. Residential radon exposure and lung cancer in Swedish women. *Health Phys.* 63 (2): 179-186; 1992.
30. Pershagen G., Åkerblom G., Axelson O., Clavensjö B., Damberg L., Desai G., Enflo A., Lagarde F., Mellander H., Svartengren M., Swedjemark G.A. Residential radon exposure and lung cancer in

Sweden. *N. Engl. J. Med.* 330(3), 159-164; 1994.

31. Letourneau E.G., Krewski D., Choi N.W., Goddard M.J., McGregor R.G., Zielinski J.M., Du J. Case-control study of residential radon and lung cancer in Winnipeg, Manitoba, Canada. *Am. J. Epidemiol.* 140: 310-322; 1994.

32. Auvinen A., Makelainen I., Hakama M., Castren O., Pukkala E., Reisbacka H., et al. Indoor radon exposure and the risk of lung cancer: a nested case-control study in Finland. *J. Natl. Cancer Inst.* 88: 966-972; 1996.

33. Darby S, Whitley E, Silcocks P, Thakrar B, Green M, Lomas P, Miles J, Reeves G, Fearn T, Doll R. Risk of lung cancer associated with residential radon exposure in south-west England: a case-control study. *Br J Cancer* 1998 Aug;78(3):394-408.

34. Lubin J.H., Boice Jr. J.D. Lung cancer risk from residential radon: meta-analysis of eight epidemiologic studies. *J. Natl. Cancer Inst.* 89: 49-57; 1997.

35. Bochicchio F, Forastiere F, Abeni D, Rapiti E. Epidemiologic studies on lung cancer and residential radon exposure to radon in Italy and other countries. *Radiation Protection Dosimetry*, 1998; 78:33-38.

36. Henshaw DL, Eatough JP, Richardson RB. Radon as a causative factor in induction of myeloid leukaemia and other cancers. *Lancet* 1990 Apr 28;335(8696):1008-12 .

37. Darby SC, Whitley E, Howe GR, Hutchings SJ, Kusiak RA, Lubin JH, Morrison HI, Tirmarche M, Tomasek L, Radford EP, et al. Radon and cancers other than lung cancer in underground miners: a collaborative analysis of 11 studies. *J. Natl. Cancer Inst.* 87(5): 378-384, 1995.

38. Lubin JH.; Linet MS.; Boice JD Jr.; Buckley J.; Conrath SM.; Hatch EE.; Kleinerman RA.; Tarone RE.; Wacholder S.; Robison LL. Case-control study of childhood acute lymphoblastic leukemia and residential radon exposure. *Journal of the National Cancer Institute* 1998; 90(4): 294-300.

39. Forastiere F, Sperati A, Cherubini G, Miceli M, Biggeri A, Axelson O. Adult myeloid leukaemia, geology and domestic exposure to radon and gamma radiation: a case control study in Central Italy. *Occ Env Med*, 1998; 55:106-110.

Bibliografia paragrafo 2.2.4 (Amianto e altre fibre minerali in ambienti confinati)

1. Doll R. Mortality from lung cancer in asbestos workers. *Br J Ind Med* 12:81-86, 1955.
2. IARC (1988); International Agency for Research on Cancer, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol. 43 "Man-Made Mineral Fibers and Radon", Lyon 1988, pp. 39-137.
3. Selikoff IJ. Mortality experiences of insulation workers in USA and Canada 1943- 1976. *Ann NY Acad Sci.* 3301:91-116,1979.
4. Selikoff IJ. Mortality effects of cigarette smoking among amosite asbestos factory workers. *J Natl Cancer Inst* 65:507-513,1980.
5. Wagner JC. Diffuse pleural mesotelioma and asbestos exposure in the North Western Cape Province. *Br J Ind Med* 17.260-271,1960.

Bibliografia paragrafo 2.2.5 (Formaldeide)

1. Hansen J e Olsen JH (1996): "Occupational exposure to formaldehyde and risk of cancer". *Ugeskr Laeger*, 158 (29): 4191-4.
2. IARC (1987): "Overall evaluation of carcinogenicity, an updating of IARC monographs", 1-42: 211-216.
3. IARC (1995): "Wood dust and formaldehyde", 62.
4. IPCS (1989): "Environmental Health Criteria, Formaldehyde", 89.
5. Morgan K T (1997): "A brief review of formaldehyde carcinogenesis in relation to rat nasal pathology and human health risk assessment". *Toxicol pathol*, 25:291-307.

Bibliografia paragrafo 2.2.6 (Benzene)

1. Camoni I, Mucci N, Foà V. Advice of the Italian CCTN on the health risk assessment relative to exposure to automobile emissions. Istituto Superiore di Sanità, Roma, 1998, Serie Relazioni 98/3.
2. IPCS (WHO) (1993): "Environmental Health Criteria 150: Benzene", WHO, Geneva.
3. Smith et al. (1997): An international literature survey of "IARC group I carcinogens" reported in mainstream cigarette smoke. *Food Chem. Toxicol.*, 35, 1107-30, 1997.
4. Jakobsson et al. (1993): Acute myeloid leucaemia among petrol station attendants. *Arch. Environ Health.*, 48, 255-259, 1993.

Bibliografia paragrafo 2.3 (Malattie respiratorie da inquinanti indoor)

1. Samet JM, Marbury MC, Spengler JD. Health effects and sources of indoor air pollution. Part I. *Am Rev Respir Dis* 1987; 136: 1486 - 1508.
2. Yue C, Wanxian L, Shunzhang Y. Influence of passive smoking on admissions for respiratory illness in early childhood. *Br Med J* 1986; 293: 303 - 306.
3. Strachan DP, Cook DG. Health effects of passive smoking-6: parental smoking and childhood asthma: longitudinal and case-control studies. *Thorax* 1998; 53: 204-212.
4. Ware JH, Dockery DW, Spiro A et al. Passive smoking, gas cooking and respiratory health of children living in six cities. *Am Rev Respir Dis* 1984; 129: 366 - 374.
5. Cook DG, Strachan DP. Health effects of passive smoking-7: parental smoking, bronchial reactivity and peak flow variability in children. *Thorax* 1998; 53: 295-301.
6. Cook DG, Strachan DP, Carey IM. Health effects of passive smoking - 9: Parental smoking and spirometric indices in children. *Thorax* 1998; 53: 884-893.
7. Lodrup-Carlson KC, Jaakkola JJK, Nafstad P et al. In utero exposure to cigarette smoking influences lung function at birth. *Eur Respir J* 1997; 10: 1774-1779.
8. Coultas DB. Health effects of passive smoking-8: passive smoking and risk of adult asthma and COPD: an update. *Thorax* 1998; 53: 381-387.
9. Xu Xiping, Li Baoluo. Exposure-response relationship between passive smoking and adult pulmonary function. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 151: 41- 46.
10. Jaakkola MS, Jaakkola JJK, Becklake MR et al. Passive smoking and evolution of lung function in young adults. An 8 - year longitudinal study. *J Clin Epidemiol* 1995; 48: 317 -

327.

11. Leuenberger P, Schwartz J, Ackermann-Liebrich U et al. Passive smoking exposure in adults and chronic respiratory symptoms (SAPALDIA Study). *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 150: 1222-1228.
12. Masjedi MR, Kazemi H, Johnson DC. Effects of passive smoking on the pulmonary function of adults. *Thorax* 1990; 45: 27-31.
13. Giuntini C, Viegi G, Carrozzi L et al. Effetti sulla salute del fumo passivo. In *Indoor air quality and health*. Perugia, 24-26 Ottobre 1991. Monduzzi Ed., Bologna 1991:23-31.
14. Forastiere F, Agabiti N, Corbo GM et al. Passive smoking as a determinant of bronchial responsiveness in children. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 149: 365-370.
15. Corbo GM, Agabiti N, Forastiere F et al. Lung function in children and adolescents with occasional exposure to environmental tobacco smoke. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 154: 695-700.
16. Carmignani G, Paoletti P, Mammini U et al. Effetti respiratori del fumo passivo in un campione di popolazione generale. *Medicina Toracica* 1988; 10:269-273.
17. Paoletti P, Viegi G, Baldacci S et al. Effetti respiratori dell'inquinamento degli ambienti non industriali: il fumo passivo e le sorgenti domestiche. In "Habitat costruito, inquinamento e salute" a cura di Marco Maroni, Franco Angeli Ed., Milano 1991: 196-210.
18. Viegi G, Carrozzi L, Baldacci S et al. Effetti respiratori dell'esposizione al fumo passivo: stato dell'arte. *Atti del Convegno Nazionale "Aria 92" La qualità dell'aria negli ambienti interni*, 28-29 Ottobre 1992 Pisa; 1993: 268-273.
19. Braun-Fahrlander C, Ackermann-Liebrich U, Schwartz J et al. Air pollution and respiratory symptoms in preschool children. *Am Rev Respir Dis* 1992; 145: 42 - 47.
20. Neas LM, Dockery DW, Ware JM et al. Concentration of indoor particulate matter as a determinant of respiratory health in children. *Am J Epidemiol* 1994; 139: 1088 - 1099.
21. Abbey DE, Burchette RJ, Knutsen SF et al. Long-term particulate and other air pollutants and lung function in nonsmokers. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 158: 289-298.
22. Viegi G, Paoletti P, Prediletto R et al. Prevalence of respiratory symptoms in an unpolluted area of North Italy. *Eur Respir J* 1988; 1: 311 - 318.
23. Scognamiglio A. Effetti respiratori dell'inquinamento domestico. Tesi di Laurea in Medicina e Chirurgia, Università di Pisa, Anno Accademico 1996-1997: 1-71.
24. Simoni M, Biavati P, Sapigni T et al. The Po River Delta (North Italy) Indoor Epidemiological Study: effects of pollutants on peak expiratory flow (PEF) in adults. *Eur Respir J* 1996; 9:37s.
25. Carrozzi L, Viegi G, Angino A et al. Acute respiratory effects of indoor pollution in the Pisa epidemiological study. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 151: 360a.
26. Garrett MH, Hooper MA, Hooper BM et al. Respiratory symptoms in children and indoor exposure to nitrogen dioxide and gas stoves. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 158: 891-895.
27. Infante - Rivard C. Childhood asthma and indoor environmental risk factors. *Am J Epidemiol* 1993; 137: 834 - 844.
28. Jarvis D, Chinn S, Luczynska C et al. Association of respiratory symptoms and lung function in young adults with use of domestic gas appliances. *Lancet* 1996; 347: 426 - 431.
29. Jarvis D, Chinn S, Sterne J et al on behalf of the European Community Respiratory Health survey. The association of respiratory symptoms and lung function with the use of gas for cooking. *Eur Respir J* 1998; 11: 651-658.
30. Battistini A, Sansebastiano G, Manfredi A et al. Inquinamento intradomiciliare da NO₂. I a parte: influenza sulla patologia respiratoria. B) Battistini A, Cesari C, Manfredi A et al.

Inquinamento intradomiciliare da NO₂. Ila parte: primi risultati di un'analisi multivariata sui fattori di rischio dell'asma infantile. C) Battistini A, De Munari E, Pessina V et al. Inquinamento intradomiciliare da NO₂. Determinazioni condotte in aree urbane ed extraurbane nelle abitazioni di un gruppo di bambini asmatici. In "La broncopneumologia pediatrica verso gli anni 2000", G. Baldini ed., Pisa, 23-25 Giugno 1994; 61-62a, 63-64a, 95-96a.

31. Viegi G, Carrozzi L, Paoletti P et al. Effects of home environment on respiratory symptoms of a general population sample in Middle Italy. *Arch Environ Health* 1992; 47: 64 - 70.
32. Viegi G, Paoletti P, Carrozzi L et al. Effects of home environment on respiratory symptoms and lung function in a general population sample in North Italy. *Eur Respir J* 1991; 4: 580 - 586.
33. Viegi G, Carrozzi L, Paoletti P et al. Effects of some indoor environmental factors on respiratory symptoms and lung function in a sample of young non smokers in North Italy. *Aerobiologia* 1991; 7: 152-159.
34. Simoni M, Biavati P, Carrozzi L et al. The Po River Delta (North Italy) Indoor Epidemiological Study: home characteristics, indoor pollutants, and subjects' daily activity pattern. *Indoor Air* 1998; 8: 70-79.
35. Pandey M. Prevalence of chronic bronchitis in a rural community of the hill region of Nepal. *Thorax* 1984; 39: 331 - 336.
36. Master KM. Air pollution in New Guinea. Cause of chronic pulmonary disease among stone - age natives in the highlands. *JAMA* 1974; 228: 1653 - 1655.
37. Dennis JR, Maldonado D, Norman S et al. Woodsmoke exposure and risk for obstructive airways disease among women. *Chest* 1996; 109: 115 - 119.
38. Samet JM, Marbury MC, Spengler JD. Health effects and sources of indoor air pollution. Part II. *Am Rev Respir Dis* 1988; 137: 221 - 242.
39. Krzyzanowski M, Quackenboss JJ, Lebowitz MD. Chronic respiratory effects of indoor formaldehyde exposure. *Environ Res* 1990; 52: 117-125.
40. Krieger P, De Blay F, Pauli G et al. Asthma and household chemical pollutants. *Rev Mal Respir* 1998; 15: 11-24.

Bibliografia paragrafo 2.4 (Malattie cardiovascolari)

1. US Department of Health and Human Services (USDHHS). A report of the Surgeon General: Reducing the Health Consequences of Smoking. 25 Years of Progress Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office; 1989.
2. US Department of Health and Human Services (USDHHS). A report of the Surgeon General: The health benefits of smoking cessation Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office; 1990.
3. California Environmental Protection Agency (Cal EPA), Office of Environmental Health Hazard Assessment. Health Effects of Exposure to Environmental tobacco smoke. California Environmental Protection Agency; 1997.
4. Taylor AE, Johnson DC, Kazemi H. Environmental tobacco smoke and cardiovascular disease: A position paper from the council on cardiopulmonary and critical care, American Heart Association. *Circulation* 1992; 86 (2):1-4.
5. Scientific Committee on Tobacco and Health, HSMO. Report of the Scientific Committee on

Tobacco and Health. The Stationary Office. 1998. 011322124x.

6. Law MR, Morris JK, Wald NJ. Environmental tobacco smoke exposure and ischaemic heart disease: an evaluation of evidence. *Br Med J* 1997;315 (7114):973-80.
7. Bailar JC III. Passive Smoking, coronary heart disease, and meta-analysis. Editorial; *N Engl J Med* 1999;340:958-959.
8. Glantz SA, Parmley WW. Passive smoking and heart disease: epidemiology, physiology and biochemistry. *Circulation* 1991;83:1-12.
9. Zhu BQ, Sun YP, Sievers R, Glantz SA, Parmley WW, Wolfe CL. Exposure to environmental tobacco smoke increases myocardial infarct size in rats. *Circulation* 1994;89:1282-1290.
10. Allred EN, Bleecker ER, Chaitman BR, Dahms TE, Gottlieb SO, et al. Short-term effects of carbon monoxide exposure on exercise performance of subjects with coronary artery disease. *N Engl J Med* 1989;321:1426-32.
11. US Department of Health and Human Services (USDHHS). Smoking and Health: A National Status Report to congress Rockville, MD: U.S. Government Printing Office; 1986.
12. Garland C, Barret-Connor E, Suarez L, et al. Effects of passive smoking on ischemic heart disease mortality of nonsmokers: a prospective study. *Am J Epidemiol* 1985;121(5):645-50.
13. He J, Vupputuri S, Allen K, et al. Passive smoking and the risk of coronary heart disease – A meta-analysis of epidemiologic studies. *N Engl J Med* 1999;340:920-6.
14. Hirayama T. Cancer mortality in nonsmoking women with husbands based on a large scale cohort study in Japan. *Prev Med* 1984;13:680-90.
15. Hole DJ, Gillis CR, Chopra C, Hawthorne VM. Passive smoking and cardiorespiratory health in general population in the west Scotland. *Br Med J* 1989;299:423-7.
16. Hunt SC, Martin MJ, Williams RR. Passive smoking by nonsmoking wives is associated with an increased incidence of heart disease in Utah. Las Vegas, NV: Am Public Hlth Assoc Mtg;1986.
17. Helsing KJ, Sandler DP, Comstock GW, et al. Heart disease mortality in nonsmokers living with smokers. *Am J Epidemiol* 1988;127:915-22.
18. Humble C, Croft J, Gerber A, et al. Passive smoking and 20-year cardiovascular disease mortality among nonsmoking wives, Evans County, Georgia. *Am J Publ Health* 1990;80:599-601.
19. Steenland K, Thun M, Lally C, et al. Environmental tobacco smoke and coronary heart disease in American Cancer Society CPS-II cohort. *Circulation* 1996; 94:622-8.
20. Svendsen KH, Kuller LH, Martin MJ, et al. Effects of passive smoking in the multiple risk factor intervention trial. *Am J Epidemiol* 1987;126:783-95.
21. Layard MW. Ischemic heart disease and spousal smoking in the National mortality followback survey. *Regul Toxic Pharmacol* 1995;21:180-3.
22. Dobson AJ, Alexander HM, Heller RF, et al. Passive smoking and the risk of heart attack or coronary death. *Med J Aust* 1991;154:793-7.
23. La Vecchia C, D'Avanzo B, Franzosi MG, et al. Passive smoking and the risk of acute

myocardial infarction. *Lancet* 1993;341:505-6.

24. Muscat JE, Wynder EL. Exposure to environmental tobacco smoke and the risk of heart attack. *Int J Epidemiol* 1995;24:715-9.
25. Lee PN, Chamberlain J, Alderson MR. Relationship of passive smoking to risk of lung cancer and other smoking associated diseases. *Br J Cancer* 1986;54:97-105.
26. He Y, Li LS, Wan ZH, et al. Women's passive smoking and coronary heart disease. *Chin J Prev Med* 1989;23:19-22.
27. He Y, Lam TH, Li LS, et al. Passive smoking at work as a risk factor for coronary heart disease in Chinese Women who have never smoked. *Br Med J* 1994;308:380-4.
28. Jackson MY, Proulx JM, Pelican S. Obesity prevention. *Am J Clin Nutr* 1991;91:1625S-30S.

Bibliografia paragrafo 2.5 (Malattie da infezioni di origine indoor)

1. Seltzer J.M. Biological contaminants. *J Allergy Clin Immunol* 1994, 94 (2): 318-326.
2. Fraser D.W., Tsai T., Orenstein W. *et al.* Legionnaires' disease: description of an epidemic of pneumonia. *N Engl Med J* 1977, 297: 1189-97.
3. Castellani Pastoris M., Benedetti P., Greco D. 10 anni di legionellosi in Italia (giugno 1980-giugno 1990). *Ann Ist Super Sanità* 1991, 27 (2): 289-295.
4. Seltzer J.M. Building-related illnesses. *J Allergy Clin Immunol* 1994, 94 (2): 351-361.
5. Driver C.R., Valway S.E., Morgan W.M., Onorato I.M., Castro K.G. Transmission of Mycobacterium tuberculosis associated with air travel. *JAMA* 1994, 272 (13): 1031-1035.
6. Cultrera R., Roulland-Dussoix D., Roamni R., Contini C. Use of PCR to detect mycoplasma DNA in respiratory tract specimens from adult HIV-positive patients. *J Med Microbiol* 1998, 47: 983-986.
7. Crimi P., Voltolini S., Ottoboni F., *et al.* Indoor air quality and bronchial asthma in allergic patients. *Ann Ig* 1997, 9: 353-361.
8. Leoni E., Berardi B.M., Fantini M.P., Bisbini P. La qualità dell'aria all'interno di asili nido con caratteristiche strutturali diverse. *Ann Ig* 1997, 9: 133-142.
9. Romano F., Capuani M.A., Di Giambattista C., Mazzocca R., Staniscia T. Caratteristiche igienico-ambientali delle palestre della città di Pescara. *Ann Ig* 1995, 7: 283-290.
10. Blasi F., Cosentini R., Legnani D., Denti F., Allegra L. Incidence of community-acquired pneumonia caused by *Chlamydia pneumoniae* in Italian patients. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 1993, 12 (9): 696-699.
11. Trudeau W.L., Fernandez-Caldas E. Identifying and measuring indoor biological agents. *J Allergy Clin Immunol* 1994, 94 (2): 393-400.
12. World Health Organization. Indoor Air Quality Research. EURO Reports and Studies n.103. Copenhagen: WHO, Regional Office for Europe, 1986.
13. Fernandez-Caldas E., Trudeau W.L., Ledford D.K. Environmental control of indoor biologic agents. *J Allergy Clin Immunol* 1994, 94 (2): 404-412

14. Husman Tuula. Health effects of indoor-air microorganisms. *Scand J Work Environ Health* 1996, 22: 5-13.

Bibliografia paragrafo 2.6 (Mallattie da allergeni indoor).

1. The ISAAC Steering Committee. Worldwide variation in prevalence of symptoms of asthma, allergic rhinoconjunctivitis, and atopic eczema: ISAAC. *Lancet* 1998;351:1225-32.
2. AA.VV. Prevalence of asthma and asthma symptoms in a general population sample from northern Italy. European Community Respiratory Health Survey--Italy. *Allergy* 1995;50:755-9.
3. Holgate S (editor). The rising trends in asthma. Ciba Found Symposium 1997;206:1-279.
4. Emanuel MB. Hay fever, a post industrial evolution epidemic: a history of its growth during the 19th century. *Clin Allergy* 1988;18:295.
5. AA. Vari. The White paper on Asthma in Europe. UCB ed. Brussels, 1998.
6. Bonini S, Rosa C, Rasi G, Falagiani P, Simoni L, Zaffiro A. IgE totali e specifiche in soggetti apparentemente sani con o senza familiarità allergica. *Folia Allergol Immunol Clin* 1980;27:261-8.
7. Businco L. I costi socioeconomici dell'asma in Italia. *Giorn It Allergol Immunol Clin* 1998.
8. Regione Lombardia - Settore Sanità: Servizio Igiene Pubblica. Manuale Regionale per la prevenzione, la diagnosi e la cura delle allergopatie. Milano, Aprile 1996.
9. Ruffilli A, Bonini S. Susceptibility genes for allergy and asthma. *Allergy*. 1997; 52, 256-73.
10. Seaton A, Godden DJ, Brown K. Increase in asthma: a more toxic environment or a more susceptible population ? *Thorax* 1994;93:470-5.
11. Cookson WOCM et al. Asthma: an epidemic in the absence of infection ? *Science* 1997;275,41-42.
12. Matricardi PM, Rosmini F, Ferrigno L, et al. Cross-sectional retrospective survey of the prevalence of atopy among Italian military students with antibodies against hepatitis A virus. *Br Med J* 1997;314:999-1003.
13. Matricardi PM, . Infections preventing atopy: facts and new questions. *Allergy* 1997;52:879-82.
14. Kuehr J, Frischer J, Meiner R. Mite exposure is a risk factor for the incidence of specific sensitization. *J Allergy Clin Immunol* 1994;94:44-52.
15. Sporik R, Holgate ST, Platts-Mills TAE et al. Exposure to house dust mite allergen (Der p I) and the development of asthma in childhood: a prospective study. *N Eng J Med* 1990;323:502-7.
16. Platts-Mills TAE, Sporik RB, Wheatley LM, Heymann PW. Is there a dose-response relationship between exposure to indoor allergens and symptoms of asthma ? *J Allergy Clin Immunol* 1995;96:435-40.
17. Turjanmaa K, Alenius H, Mäkinen-Kiljunen S, Reunala T, Palosuo T. Natural rubber latex allergy. *Allergy* 1996;51:593-602.
18. Behrendt H, Friedrichs KH, Kramer U, Hitzfeld B, Becker WM, Ring J. The role of indoor and outdoor air pollution in allergic diseases. *Prog Allergy Clin Immunol* 1995;3:83-9.
19. Tunnicliffe WS, Burge PS, Ayres JG. Effect of domestic concentrations of nitrogen dioxide on airway responses to inhaled allergen in asthmatic patients. *Lancet* 1994;344:1733-6.

20. Chilmonczyk BA, Association between exposure to environmental tobacco smoke and exacerbation of asthma in children. *N Eng J Med* 1993;328:1665-9.

Bibliografia paragrafo 2.7 (La sindrome dell'edificio malato – Sick Building Syndrome)

1. 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.
2. Abramson MJ, Saunders NA, Hensley MJ. Analysis of bronchial reactivity in epidemiological studies. *Thorax* 1990; 45: 924-9.
3. Amirav I, Plit M. Temperature and humidity modify airway response to inhaled histamine in normal subjects. *Am Rev Resp Dis* 1989; 140: 1416-20.
4. Arundel AV, Sterling EM, Biggin JH et al. Indirect health effects of relative humidity in indoor environments. *Environ Health Perspect* 1986; 65: 351-61.
5. Arnow PM, Fink JN, Schleuter DP et al. Early detection of Hypersensitivity Pneumonitis in Office Workers. *Am J Med* 1978; 64: 236-41.
6. Bachmann MO, Turck WAV, Myers JE. Sick building symptoms in office workers: a follow-up study before and one year after changing buildings. *Occup Med* 1995; 45: 11-15.
7. Bansazak EF, Thiede WN, Fink JN. Hypersensitivity pneumonitis due to contamination of an air conditioner. *N Engl J Med* 1970; 283: 271-6.
8. Bellante De Martiis G, et al: Air quality study in a university library of Rome. *Ann Ig.* 1996; 8: 47-54.
9. Bourbeau J, Brisson C, Allaire S. Prevalence of the sick building syndrome symptoms in office workers before and after being exposed to a building with an improved ventilation system. *Occup Environ Med* 1996; 58: 204-10.
10. Burge PS, Finnegan MJ, Horsfield N et al. Occupational asthma in a factory with a contaminated humidifier. *Thorax* 1985; 40: 248-54.
11. Burge S, Hedge A, Wilson S et al. Sick building syndrome: a study of 4373 office workers. *Ann Occup Hyg* 1987; 31: 493-504.
12. Burge PS. Building sickness- a medical approach to the causes. in *Indoor Air '90. Proceedings of the 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate. Toronto, 5, 3-14, 1990.*
13. Chan-Yeung M. Nonspecific bronchial hyperresponsiveness. In: Bernstein IL, Chan-Yeung M, Malo JL, Bernstein DI, eds. *Asthma in the workplace. Marcel Dekker, Inc., New York; 1993: 189-214.*
14. Cockcroft DW. Nonallergic airway responsiveness. *J Allergy Clin Immunol* 1988; 81: 111-118.
15. Colligan MJ, Smith MJ. A methodological approach for evaluating outbreaks of mass psychogenic illness in industry. *J Occup Med* 1978; 20: 401-402.
16. Damiani G, Volpe M, Capelli G, Abbritti G, Muzi G, Rossi M, Del Guerra P, Loi F. Economic impact of indoor air Pollution: Cost-Analysis of a Sick Hospital Syndrome: Outbreak. *Proceedings of Healthy Buildings' 95, Milano 1995; 2: 1137-1142.*
17. Fanger PO. Introduction of the olf and decipol units to quality air pollution perceived by human

- indoors and outdoors. *Energy Buildings* 1988; 12: 1-6.
18. Finnegan MJ, Pickering CAC. Building related illness. *Clin Allergy* 1986; 16: 389-405.
 19. Finnegan MJ, Pickering CAC, Burge PS. Sick building syndrome: prevalence studies. *Br Med J* 1984; 289: 1573-5.
 20. Frampton MW, Morrow PE, Cox C et al. Effects of nitrogen dioxide exposure on pulmonary function and airway reactivity in normal humans. *Am Rev Respir Dis* 1991; 143: 522-27.
 21. Franck C. Eye symptoms and signs in buildings with indoor climate problems ('office eye syndrome'). *Acta Ophthalmologica* 1986; 64: 306-311.
 22. Franck C, Skov P. Foam at inner eye canthus in office workers, compared with an average Danish population as control group. *Acta Ophthalmol* 1989; 67: 61-68.
 23. Fraser DW, Tsai TR, Orenstein W et al. Legionnaires disease. Description of an epidemic pneumonia. *N Engl J Med* 1977; 297: 1189-97.
 24. Goyer N. Chemical Contaminants in Office Buildings. *Am Ind Hyg Assoc J* 1990; 51: 615-9.
 25. Hawkins LH, Barker T. Air ions and human performance. *Ergonomics* 1978; 21: 273-8.
 26. Hughes RT, O'Brien DM. Evaluation of building ventilation systems. *Am Ind Hyg Assoc J* 1986; 47: 207-13.
 27. Jaakkola JK, Miettinen P. Type of ventilation system in office buildings and Sick Building Syndrome. *Am J Epidemiol* 1995; 141: 755-65.
 28. Jaakkola JK. The office environmental model: a conceptual analysis of the Sick Building Syndrome. *Indoor Air* 1998; Suppl 4: 7-16.
 29. Kirkbridge J. Sick Building Syndrome: causes and effects. Health and Welfare, Ottawa, Canada, 1985.
 30. Kreiss K, Hodgson MJ. Building-associated epidemics. In *Indoor air quality*. Walsh PJ, Dudney CS, Copenhaver ED, eds, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, 1984: 87-106.
 31. Mark J, Trautlein JJ, Zwillich CW, Demers LM. Contact urticaria and airway obstruction from carbonless copy paper. *JAMA* 1984; 252: 1038-1040.
 32. Mc Nall PE. Building Ventilation Measurements, Predictions, and Standards. *Bull NY Acad Med* 1981; 57: 1027-1046.
 33. Mendell MJ. Non-specific symptoms in office workers: a review and summary of the epidemiologic literature. *Indoor Air* 1993; 3: 227-236.
 34. Menzies R, Tamblyn R, Farant JP, Hanley J, Nunes F, Tamblyn R. The effect of varying levels of outdoor-air supply on the symptoms of sick building syndrome. *New Engl J Med* 1993; 328: 821-7.
 35. Menzies D, Bourbeau J. Building-Related Illnesses. *New Engl J Med* 1997; 337:1524-1531.
 36. Muzi G, dell'Omo M, Accattoli MP, Loi F, del Guerra P, Abbritti G. The Sick Hospital Syndrome in a Modern Italian Hospital. *Proceedings of Healthy Buildings '95*. Milano 1995; 2: 1023-1028.
 37. Muzi G, Abbritti G, Accattoli MP, dell'Omo M. Prevalence of irritative symptoms in a

- nonproblem air-conditioned office building. *Int Arch Occup Environ Health* 1998; 71: 372-378.
38. Muzi G, dell'Omo M, Abbritti G, Accattoli P, Michael C F, Gabrielli A R. Objective assessment of ocular and respiratory alterations in employees in a Sick Building. *Am J Ind Med* 1998; 34: 79-88.
 39. Nero AV Jr. Il controllo dell'inquinamento all'interno degli edifici. *Le Scienze* 1988; 41: 16-22.
 40. National Institute for Occupational Safety and Health. *Indoor Air Quality - Selected references*. Cincinnati, OH, USA, 1989.
 41. Ooi PL, Goh K T. Sick Building Syndrome: an emerging stress-related disorder? *Int J Epid* 1997; 26: 1243-1249.
 42. Ooi PL, Goh K T, Phoon M H, Foo S C, Yap H M. Epidemiology of sick building syndrome and its associated risk factors in Singapore. *Occup Environ Med* 1998; 55: 188-191.
 43. Redlich C A, Sparer J, Cullen M R. Sick-building syndrome. *Lancet* 1997; 349: 1013-1016.
 44. Reinikainen LM, Jaakkola JJK, Seppanen O. The effect of air humidification on symptoms and perception of indoor air quality in office workers: a six-period cross-over trial. *Arch Environ Health* 1992; 47: 8-15.
 45. Robertson AS, Burge PS, Hedge A et al. Comparison of health problems related to work and environmental measurements in two office buildings with different ventilation systems. *Br Med J* 1985; 291: 373-6.
 46. Rycroft RJG, Smith WDL. Low humidity occupational dermatoses. *Contact Dermatitis* 1980; 6: 488-92.
 47. Samet JM, Marbury MC, Spengler JD. Health effects and sources of indoor air pollution. Part I. *Am Rev Respir Dis* 1987; 136: 1486-508.
 48. Samet IM, Marbury MC, Spengler JD. Health effects and sources of indoor air pollution. Part II. *Am Rev Respir Dis* 1988; 137: 221-42.
 49. Skov P, Valbjørn O, Danish Indoor Climate Study Group. The "sick" building syndrome in the office environment: the Danish town hall study. *Environ Int* 1987; 13: 339-49.
 50. Skov P, Valbjørn O, Pedersen BV, Danish Indoor Climate Study Group. Influence of personal characteristics, job-related factors and psychosocial factors on the sick building syndrome. *Scand J Work Environ Health* 1989; 15: 286-95.
 51. Sheppard D. Mechanisms of bronchoconstriction from nonimmunologic environmental stimuli. *Chest* 1986; 90: 584-7.
 52. Sheppard D. Mechanisms of acute increase in airway responsiveness caused by environmental chemicals. *J. Allergy Clin Immunol* 1988; 81: 128-32.
 53. Small BM & Associates. *Indoor air pollution and housing technology. Research Report for Canada Mortgage and Housing Corporation, Ontario, 1983.*
 54. Souhrada M, Souhrada JF. The direct effect of temperature on airway smooth muscle. *Respir Physiol* 1981; 44: 311-23.
 55. Sterling T, Sterling E. The impact of different ventilation levels and fluorescent lighting types on building illness: an experimental study. *Am J Public Health* 1986; 74: 385-92.

56. Sterling TD, Collett CW. Sterling EM, Barch BA. Environmental tobacco smoke and indoor air quality in modern office work environments. *J Occup Med* 1987; 29: 57-62.
57. Sterling E, Sterling T. The impact of different ventilation levels and fluorescent lighting types on building illness: an experimental study. *Can J Public Health* 1983; 74: 385-92.
58. Sterling TD, Sterling E, Dimich-Ward H. Building illness in the white-collar workplace. *Int J Health Serv* 1983; 13: 277-87.
59. Sundell J, Lindvall T, Stenberg B. Associations between type of ventilation and air flow rates in office buildings and the risk of SBS-symptoms among occupants. *Environmental International* 1994; 20: 239-51.
60. Taylor PR, Dell'Acqua BJ, Baptiste MS, Hwang HL, Sovik RA. Illness in an office building with limited fresh air access. *J Environ Health* 1984; 47: 24-27.
61. Teculescu D B, Sauleau E A, Massin N, Bohadana A B, Buhler O, Benamghar L, Mur J M. Sick-building symptoms in office workers in northeastern France: a pilot study. *Int Arch Occup Environ Health* 1998; 71: 353-356.
62. Thorn A. The Sick Building Syndrome: a diagnostic dilemma. *Soc Sci Med* 1998; 47: 1307-1312.
63. Tom G, Poole MF, Galla J, Berrier J. The influence of negative air ions on human performance and mood. *Hum Factors* 1981; 23: 633-6.
64. Turiel I, Hollowell CD, Miksch RR, Rudy JV, Young RA, Coye MJ. The effects of reduced ventilation on indoor air quality in an office building. *Atmos Environ* 1983; 17: 51-64.
65. Valbjørn O, Kousgard N. Headache and mucous membrane irritation at home and at work. SBI-rapport 175. Danish Building Research Institute, Horsholm, 1986.
66. Walkinshaw D. Indoor air quality in cold climates, hazards and abatement measures. *J Air Pollut Control Assoc* 1986; 36: 235-41.
67. Windsor T, Beckett JC. Biological effects of ionized air in man. *Am J Phys Med* 1958; 37: 83-9.
68. World Health Organization. Indoor air pollutants: Exposure and health effects. Report on a WHO meeting, EURO Reports and Studies 78. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, 1982.
69. WHO Regional Office for Europe: Indoor air quality research. Euro Reports and studies 103. Stockholm, 27-31 August, 1984.
70. Wodds JE, Drewry GM, Morey PP. Office worker perceptions of indoor air quality effects on discomfort and annoyance, In: Solfort B, Esborn H, Fischer M, Ruden H, Wegner J, eds. *Indoor Air '87. Proceedings of the IV International Symposium on Indoor Air Quality and Climate*, Berlin: Institute for Water, Soil, and Air Hygiene: 1987: 464-8.

Bibliografia paragrafi 2.8 (Effetti irritativi e sul comfort della qualità dell'aria indoor) e 2.9 (La sindrome da sensibilità chimica multipla)

1. Bascom R., Meggs W., Frampton M. (1997): Neurogenic inflammation: with additional discussion of central and perceptual integration of nonneurogenic inflammation. *Environmental Health Perspectives*, 105, suppl. 2:531-537.

2. Cohen N., Kehrl H., Berglund B. (1997): Psychoneuroimmunology. *Environmental Health Perspectives*, 105, suppl. 2:527-529.
3. Commission Of The European Communities (CEC) (1991): Effects of Indoor Air Pollution on Human Health. European Concerted Action, Indoor Air Quality and Its Impact on Man, COST Project 613, Report N. 10, EUR 14086 EN, Luxembourg.
4. Fiedler N., Kipen H. (1997): Chemical sensitivity: the scientific literature. *Environmental Health Perspectives*, 105, suppl. 2:409-415.
5. Maroni M., Seifert B., Lindvall T. (eds.) (1995): Health effects of indoor air pollution. In: "Indoor air quality. A comprehensive reference book". Elsevier, Amsterdam: 187-237.
6. Siegel S., Kreutzer R. (1997): Pavlovian conditioning and multiple chemical sensitivity. *Environmental Health Perspectives*, 105, suppl. 2:521-526.
7. World Health Organization (WHO) (1983): Indoor Air pollutants: exposure and health effects. Report on a WHO-meetings, Euro Reports and Studies 78, WHO Regional office for Europe, Copenhagen, Denmark.

Bibliografia paragrafo 2.10 (Intossicazione da ossido di carbonio)

1. Abbritti G, Accattoli MP, Muzi G, dell'Omo M, D'Alessandro A: "Carbon monoxide as an environmental hazard: a report on some cases of poisoning in Italy". *Indoor Environ* 1993, 2:241-245.
2. Atkins EH, Baker EL: "Exacerbation of coronary artery disease by occupational carbon monoxide exposure: a report of two fatalities and review of literature". *Am J Ind Med* 1985, 7:73-79.
3. Baker SP, Fisher RS, Masemore WC, Sopher IM: "Fatal unintentional carbon monoxide poisoning in motor vehicles". *Am J Public Health* 1972, 62/11:1463-1467.
4. Boutellier G, Bouchon C, Mondrette J, et al.: "Risque d'intoxication chez le personnel des parcs couvert de stationnement automobile". *Arch Mal Prof* 1980, 36:59-65.
5. Choi IS: "Delayed neurologic sequelae in carbon monoxide intoxication". *Arch Neurol* 1983, 40:433-435.
6. Crawford R, Campbell DGD, Ross J: "Avvelenamento da monossido di carbonio nelle abitazioni: riconoscimento e trattamento". *Br Med J* (ed. italiana) 1991, 14:260-266.
7. Davis B, Drenchen A: "Carbon monoxide of concern in ice arenas". *J Environ Health* 1979, 42:120-122.
8. Ellenhorn MJ, Barceloux DG: "Medical Toxicology", Elsevier Eds., New York 1988, pag. 820-829.
9. Ernst A, Zibrak JD. "Carbon monoxide poisoning". *N Engl J Med* 1998, 339:1603-1608.
10. Fisher J, Rubin KP: "Occult carbon monoxide poisoning". *Ach Intern Med* 1982, 142:1270-1271.
11. Gemelli F, Cattani R: "Carbon monoxide poisoning in childhood", *Br Med J* 1985, 291:1197.
12. Goyer N: "Chemical contaminants in office buildings". *Am Ind Hyg Assoc J* 1990, 51/12:615-

619.

13. Grace T, Platt F: "Subacute carbon monoxide poisoning. Another great imitator". *JAMA* 1981, 246:1698-1700.
14. Harrison RM, Colbeck I and Simmons A: "Comparative evaluation of indoor and outdoor air quality - Chemical considerations". *Proceedings of International Conference on Indoor Air Quality*, London, 1988.
15. Hee J, Callais F, Mona I, et al.: "Smokers' behaviour and exposure according to cigarette yield and smoking experience". *Pharmacol Biochem Behav* 1995, 52:195-203.
16. Houck PM, Hampson NB: "Epidemic carbon monoxide poisoning following a winter storm". *J Emerg Med* 1997, 15:469-473.
17. *Indoor Air Quality - "A comprehensive reference book"*, edited by Maroni M, Seifart B and Lindvall T. Elsevier Science BV, 1995.
18. ISTAT - *Annuario Statistico*. "Cause di Morte", ed 1997.
19. Koskela RS: "Cardiovascular diseases among foundry workers exposed to carbon monoxide". *Scand J Work Environ Health* 1994, 20:286-293.
20. Lacey DJ: "Neurological sequelae of acute carbon monoxide intoxication". *Am J Dis Child* 1981, 135:145-147.
21. Lambert WE: "Combustion pollution in Indoor Environments". *Proceedings of Indoor Air Pollution and Health*, edited by Bardana EJ, Montanaro A, Marcel Dekker Inc, New York, 1997.
22. Longo LD: "The biological effects of carbon monoxide on the pregnant woman, fetus, and newborn infant". *Am J Obstet Gynecol* 1997, 129:69-103.
23. Meredith T, Vale A: "Carbon monoxide poisoning". *Br Med J* 1988, 296:77-79.
24. Raphael JC, Elkharrat D, Jars-Guinestre MC et al.: "Trial of normobaric and hyperbaric oxygen for acute carbon monoxide intoxication". *Lancet* 1989, 2:414-419.
25. Stewart R: "The effect of carbon monoxide on humans" *J Occup Med* 1976, 18:304-309.
26. Stewart R, Baretta E, Platte L, et al.: "Carboxyhemoglobin levels in american blood donors". *JAMA* 1974, 229:1187-1195.
27. Thom SR: "Carbon monoxide mediated brain lipid peroxidation in the rat". *J Appl Physiol* 1990, 68:997-1003.
28. Tissot B, De Coninck B, Mostin M: "Carbon monoxide: a silent killer", *Indoor Air Quality and Ventilation*, F. Lunau & G.L. Reynolds Eds., Selper Ltd 1990, p. 279-286.
29. Wallace L: "Carbon monoxide in air and breath of employees in an underground office". *J Air Pollut Control Assoc* 1983, 33:678-682.
30. Williams R, Walsh D, White D, et al.: "Effect of carbon monoxide levels in mobile homes using unvented kerosene heaters for residential heating", *Indoor Environ* 1992, 1:272-278.
31. Zhang J, Piantadosi CA: "Mitochondrial oxidative stress after carbon monoxide hypoxia in the rat brain". *J Clin Invest* 1992, 90:1193-1199.

Capitolo 3 - Sorgenti degli inquinanti dell'aria indoor. Esposizione della popolazione italiana e valutazione del rischio per la salute

3.1 – Le sorgenti di inquinamento

Gli inquinanti presenti nell'aria degli ambienti confinati indoor sono numerosi e possono essere originati da diverse sorgenti; le concentrazioni sono molto variabili nel tempo sia in termini di tipi di composti che di relative quantità presenti, a seconda delle sorgenti presenti nell'edificio, della ventilazione e delle abitudini degli occupanti.

Le sorgenti di inquinamento interno che rilasciano inquinanti nell'aria costituiscono la causa primaria dei problemi relativi alla qualità dell'aria indoor; in particolare le fonti principali sono l'uomo e le sue attività, i materiali presenti negli ambienti ed i sistemi di trattamento dell'aria.

I soggetti occupanti un ambiente sono fonte di inquinamento dell'aria indoor. Infatti numerosi composti, compresi i composti organici volatili (VOC), vengono emessi attraverso la superficie corporea ma, soprattutto, sono emessi da prodotti cosmetici o deodoranti e da abiti trattati recentemente in lavanderie.

Numerose sono le attività svolte dai soggetti che possono causare la presenza di inquinanti negli ambienti indoor. Uno dei fattori più importanti è sicuramente il fumo di tabacco, oltre ai processi di combustione di petrolio, gas, cherosene, carbone e legno. Altre possibili fonti di inquinamento sono i prodotti per la pulizia e la manutenzione della casa, i prodotti antiparassitari e l'uso di prodotti vari (es. colle, adesivi, solventi). Possono determinare una emissione importante l'utilizzo di strumenti di lavoro quali stampanti, plotter e fotocopiatrici e prodotti per l'hobbistica (es. colle).

Un'altra importante fonte di inquinamento indoor sono i materiali utilizzati per la costruzione (es. isolamenti contenenti amianto) e l'arredamento (es. mobili fabbricati con legno truciolare o trattati con antiparassitari, moquettes, rivestimenti).

L'inadeguata ventilazione degli ambienti può aumentare i livelli di inquinamento indoor, in quanto il ridotto ricambio di aria esterna non consente di diluire le emissioni dalle fonti interne e di trasportare gli inquinanti aerodispersi all'esterno degli edifici. Anche alte temperature ed elevati livelli di umidità possono aumentare la concentrazione di alcuni elementi inquinanti.

Il malfunzionamento del sistema di ventilazione o una errata collocazione delle prese d'aria in prossimità di aree ad elevato inquinamento (es. vie ad alto traffico, parcheggio sotterraneo, autofficina) possono determinare un'importante penetrazione dall'esterno di inquinanti. I sistemi di condizionamento dell'aria possono inoltre diventare terreno di coltura per muffe e altri contaminanti biologici e distribuire tali agenti in tutto l'edificio.

Gli inquinanti che possono essere presenti negli ambienti confinati non-industriali sono molto numerosi. In particolare si possono individuare tre categorie: inquinanti chimici, inquinanti fisici ed inquinanti biologici.

3.2 – Inquinati chimici

Tra i principali contaminanti chimici occorre ricordare: gas di combustione (principalmente SO₂, NO₂ e CO), fumo di tabacco, particolato, composti organici (in particolare composti organici volatili, formaldeide e idrocarburi aromatici policiclici) ed antiparassitari.

3.2.1 - Ossidi di azoto

Gli ossidi di azoto che hanno rilevanza dal punto di vista biologico sono il monossido di azoto (NO) ed il biossido di azoto (NO₂). Questi due composti vengono prodotti in natura dal metabolismo batterico, dai vulcani e dalle scariche atmosferiche, in quantità assai superiore a quella delle emissioni antropogeniche. Tuttavia, poichè le sorgenti naturali sono diffuse su tutta la superficie terrestre, i valori "di fondo" sono assai modesti, oscillando per il NO₂ tra 0,4 e 9,4 µg/m³. Al contrario nelle aree urbane le fonti antropogeniche sono concentrate e pertanto si ritrovano concentrazioni annuali medie dell'ordine di 20-90 µg/m³ di NO₂ con valori massimi episodici dell'ordine anche di 850 µg/m³ (media di 30 minuti).

Nelle città italiane la concentrazione di ossidi di azoto è dell'ordine di 20-90 ug/m³ come media annuale, con livelli superiori anche di un ordine di grandezza per le medie orarie in prossimità di strade a grande traffico (6). Ad esempio, la media delle misure effettuate nella città di Roma in 5 stazioni di campionamento nel periodo 1992-1995 è risultata dell'ordine 99.2 ug/m³, con una deviazione standard di 22.8 ug/m³, e nel periodo 1995-1997 è risultata pari a 86.5 ug/m³, con una deviazione standard di 15.5 ug/m³ (8,11).

Sebbene i livelli misurati nell'aria ambiente esterna siano utili a stimare l'esposizione a lungo termine della popolazione, essi possono risultare insufficienti a caratterizzare con elevata accuratezza l'esposizione di specifici gruppi di popolazione, in particolare in presenza di sorgenti "indoor".

A livello indoor le principali fonti di ossidi d'azoto sono costituite da radiatori a cherosene, da stufe e radiatori a gas privi di scarico e dal fumo di tabacco.

Nelle abitazioni si riscontrano generalmente concentrazioni inferiori a 250 µg/m³, tuttavia vi possono essere grandi variazioni nei vari ambienti. I valori più elevati vengono generalmente rilevati nelle cucine. Misure di NO₂ durante la cottura di cibi con stufe a gas o durante l'uso di stufe a cherosene hanno evidenziato anche livelli superiori a 1.000 µg/m³ (7). In presenza di stufe e fornelli a gas il valore più frequente del rapporto tra concentrazione indoor e outdoor è tra 2 e 3 (intervallo 1.1 - 4.8), e raggiunge circa 5 nel caso di riscaldamento e fornelli a gas con ventilazione e scarico all'esterno inefficienti (2). La presenza di sorgenti interne può portare a livelli anche di 7 volte maggiori in ambienti indoor. Altri studi hanno confermato che l'uso normale di riscaldamento e cucina a gas può incrementare di circa 40-50 ug/m³ la concentrazione di background nella casa e questo incremento si riduce a circa 10 ug/m³ come media settimanale per il solo uso di cucina a gas (1). I valori medi più elevati misurati su 1 ora presso stufe sono da circa 200 a circa 2000 (2). La concentrazione nelle stanze da letto è tipicamente la metà di quella in una cucina a gas.

Una campagna di monitoraggio recentemente condotta in Italia, a Milano, in ambienti indoor (abitazioni ed uffici), ha mostrato, su un tempo medio di 8 ore, concentrazioni medie di NO_x da 39.4 ug/m³ (estate) a 73.3 ug/m³ (inverno), con picchi massimi negli uffici di 162 ug/m³ e di 127 ug/m³ in abitazioni dotate di cucina a gas (10).

Sempre per quanto riguarda le esperienze italiane, in Tabella 3.1 vengono riportati i risultati di

indagini epidemiologiche condotte a Pisa e nel Delta del Po; le concentrazioni sono risultate in generale più elevate durante l'inverno (4,5,13).

Tab. 3.1 - Concentrazioni “indoor” di NO₂ (ppb)[^] terminate nelle indagini epidemiologiche effettuate nell'area di Pisa e nel Delta del Po

N°. abitazioni	PISA (n°=290)		DELTA DEL PO (n°=140)	
	Estate	Inverno	Estate	Inverno
Casa	18	21 ***	14	21 ***
Cucina	22	29 ***	20	32 ***
Soggiorno	17	20 ***	16	22 ***
Camera da letto	16	15	13	16 **

[^] Valori medi settimanali delle concentrazioni “indoor”

** Significativa differenza tra estate e inverno (p<0.01)

*** Significativa differenza tra estate e inverno (p<0.001)

3.2.2 - Ossidi di zolfo

Fra gli ossidi di zolfo presenti nell'aria, il più diffuso è il biossido, detto anche comunemente anidride solforosa (SO₂). Tali composti sono presenti per cause naturali ma a concentrazioni irrilevanti. Le concentrazioni di SO₂ nell'aria esterna derivano soprattutto dall'uso di combustibili contenenti zolfo, dalla raffinazione del petrolio, da fonderie, da industrie che producono acido solforico e dall'incenerimento di rifiuti; due terzi delle emissioni di SO₂ hanno luogo nelle aree urbane.

A livello indoor le principali fonti di SO₂ sono costituite da radiatori a cherosene, da stufe e radiatori a gas privi di scarico e dal fumo di tabacco. Nelle abitazioni le concentrazioni medie di SO₂ sono generalmente comprese tra 45 e 150 µg/m³; valori elevati superiori a 250 µg/m³ si riscontrano nelle abitazioni riscaldate con stufe a cherosene (1). Le stufe a cherosene possono emettere anche grandi quantità di aerosol acidi.

3.2.3 - Monossido di carbonio

Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore, inodore ed insapore, più leggero dell'aria. Il CO si forma in occasione di processi incompleti di combustione. In assenza di sorgenti antropogeniche è

praticamente assente nell'atmosfera.

Le principali sorgenti esterne di CO sono il traffico veicolare, gli impianti fissi di combustione ed alcune attività industriali; le emissioni dei veicoli rappresentano, da sole, quasi i tre quarti della produzione totale di questo inquinante. Negli ambienti delle grandi città Europee le concentrazioni medie sulle 8 ore sono generalmente inferiori a 20 mg/m^3 (17 ppm), con picchi su 1 ora minori di 60 mg/m^3 (53 ppm) (3). Le concentrazioni medie annuali nelle città italiane sono nell'ordine da 1 a 5 mg/m^3 . I dati misurati dalle centraline di rilevamento standard mostrano generalmente un contenimento delle concentrazioni su 8 ore entro il limite di 11.5 mg/m^3 , e solo in una percentuale minore, anche se non trascurabile, dei casi vi sono interruzioni e limitazioni di traffico per livelli eccessivi di CO rispetto ai parametri di legge (2).

Il CO presente nell'aria degli ambienti confinati proviene dal fumo di tabacco e da fonti di combustione non dotate di idonea aspirazione (radiatori portatili, caldaie, caminetti, stufe). Il CO può anche provenire dall'esterno quando il locale si trovi annesso a un garage o in prossimità di strade con intenso traffico veicolare o di un'autofficina.

Uno studio che ha caratterizzato l'esposizione a CO in varie tipologie di edifici ha rilevato livelli compresi tra $1,5$ e 3 mg/m^3 nelle abitazioni, tra 3 e $4,5 \text{ mg/m}^3$ in ambienti pubblici quali uffici, negozi e ristoranti e livelli superiori a 5 mg/m^3 in ambienti particolari quali box, autofficine e garage pubblici (1).

Come è stato sottolineato, i livelli di CO sono significativamente influenzati dalla presenza di processi di combustione, quali sistemi di riscaldamento e cottura senza ventilazione o con scarsa ventilazione e fumo di tabacco; in questi casi le concentrazioni interne possono superare quelle esterne. In case con cucina a gas sono stati misurati livelli sino a 60 mg/m^3 . In uno studio su 14 case con una o più stufe a gas senza ventilazione esterna sono stati rilevati livelli medi indoor di CO da 0.7 a 11 mg/m^3 , con variazioni dipendenti dall'uso, a fronte di concentrazioni medie esterne da 0.3 a 1.8 mg/m^3 (3). Sono stati misurati livelli di picco su brevi intervalli di tempo da 1 ppm a 100 mg/m^3 dovuti a sistemi vari di riscaldamento. L'uso intermittente di cucine a gas può portare a picchi di concentrazione sino a 10 mg/m^3 e più, mentre le medie a lungo termine (ad esempio, su 24 ore) sono molto minori (dell'ordine di 1 mg/m^3).

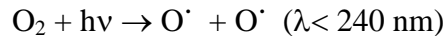
Il contributo del fumo di tabacco è anch'esso considerevolmente variabile, in particolare in relazione all'entità del numero di sigarette fumate e all'aerazione degli ambienti coinvolti. Alcuni studi indicano che in condizioni di scarsa ventilazione la concentrazione di CO originata dal fumo di tabacco può essere nei termini di poche ppm. Uno studio sperimentale è stato verificato che le concentrazioni di CO attribuibili al fumo di tabacco possono variare da 1 a più di 10 mg/m^3 . È stato comunque verificato da studi sul campo e in camere sperimentali che il contributo del fumo di tabacco porta ad un incremento della concentrazione di CO rispetto all'esterno che è di regola inferiore di quella indotta da stufe a gas senza ventilazione. Studi sull'impatto della presenza di un garage esterno alle abitazioni, dell'uso di stufe a gas e del fumo di tabacco basati sull'uso di campionatori personali hanno mostrato incrementi medi di CO pari, rispettivamente, a 0.45 mg/m^3 , 3 mg/m^3 e 1.8 mg/m^3 ; vi è da osservare che le deviazioni standard dei livelli misurati erano dell'ordine del doppio dei valori medi, cosicché queste stime sono caratterizzate da una considerevole incertezza (3).

La vicinanza di sorgenti outdoor (ad esempio, strade a levato traffico, garage e parcheggi) possono avere un impatto significativo sulle concentrazioni all'interno di edifici. Le concentrazioni indoor rilevate in queste condizioni hanno spesso superato i 10 mg/m^3 (3).

Infine si segnala che valori di esposizione personale a CO in soggetti residenti in Milano sono presentati alla fine di questo capitolo.

3.2.4 - Ozono

La reazione di formazione, sia a livello della troposfera che a livello dell'alta atmosfera, avviene attraverso un forte assorbimento della radiazione solare a lunghezza d'onda molto corta, che da origine alla fotolisi dell'ossigeno molecolare:



dando l'ossigeno atomico che si ricombina con l'ossigeno molecolare per dare l'ozono:



Mentre nell'alta atmosfera l'energia necessaria al processo di formazione dell'ozono viene fornita dal sole, a livello troposferico l'energia può essere fornita da radiazioni ultraviolette che possono provenire da strumenti utilizzati dall'uomo, sia in ambiente lavorativo, che in ambiente indoor, come ad esempio, la saldatura ad arco voltaico, la lampada di Wood per la fotocomposizione o per le proprietà battericide, od infine, come le macchine di fotocoproduzione, stampa e fax.

Nell'uso di stampanti laser, fax e fotocopiatrici si può avere che, durante il funzionamento, una carica statica negativa venga uniformemente applicata tramite fili corona, ad un tamburo la cui superficie è fotoricettiva. Successivamente, un raggio laser colpisce le zone che non devono essere riprodotte lasciando cariche solo le aree che devono essere stampate. Su tali aree viene applicato un toner secco che le ricopre, formando l'immagine la quale viene, a sua volta, trasferita su carta.

Detta sequenza di operazioni, nel caso delle stampe a colori, viene ripetuta quattro volte, una per ciascun toner cmyk (ciano, magenta, yellow, black).

Infine, l'immagine viene fissata sulla carta per pressione e per mezzo del calore.

La responsabilità della produzione dell'ozono è dovuta al processo di carica e scarica prodotto dal campo elettrico, generato attorno ai fili corona.

Uno studio di Hansen e Andersen, riportato sul Giornale degli igienisti industriali americano, mostra che l'emissione dell'ozono misurata su 69 macchine fotocopiatrici in funzionamento continuo può variare da 0 a 670 p.p.b..

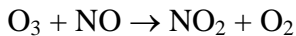
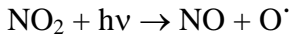
Un lavoro dell'ISPESL su fotocopiatrici riporta valori che variano da 2 a 24 p.p.b., su stampanti laser riporta valori che variano da 7 a 28 p.p.b., mentre nella sala fax si può arrivare a picchi intorno a 130 p.p.b..

Inquinamento esterno

Ai valori prodotti negli ambienti interni, si va ad aggiungere l'ozono proveniente dall'inquinamento esterno che, nei periodi di inversione termica, può raggiungere valori elevati (\cong 50 p.p.b.).

I ricambi d'aria producono l'effetto indesiderato di convogliare aria già inquinata da ozono negli ambienti indoor.

Nell'outdoor la formazione dell'ozono deriva da reazioni che avvengono tra gli inquinanti primari (SO_2 , CO, NO_2 e idrocarburi) che vengono trasformati in inquinanti secondari (O_3) aldeidi chetoni PAN secondo la reazione seguente:



Tossicità

L'azione dannosa dell'ozono si esplica sia in maniera diretta, attraverso l'ossidazione delle biomolecole, che indiretta, attraverso la formazione di radicali liberi.

La componente cellulare maggiormente colpita si ritiene sia la membrana plasmatica. Su di essa l'ozono agisce perossidando gli acidi grassi polinsaturi, costituenti i fosfolipidi. All'alterazione dell'integrità e della funzionalità delle biomembrane, si aggiunge l'azione esercitata dai prodotti di reazione dell'ozono (aldeidi, perossidi e radicali idrossili), che, essendo solubili in acqua, diffondono nel citosol, ossidando amminoacidi e proteine.

L'ozono esercita un'azione irritante sull'apparato respiratorio. Oltre alle modificazioni biochimiche e morfologiche, osservate a carico di tale apparato, sono state evidenziate anche alterazioni della funzionalità polmonare. La concentrazione letale CL50 varia da 50 p.p.m. per la cavia a circa 20 p.p.m. per il topo, dopo un'esposizione di tre ore.

Per quanto riguarda il sistema ematico, è stato osservato un deficit di desaturazione dell'ossiemoglobina a livello cutaneo, dopo occlusione venosa e modificazioni della struttura e del metabolismo degli eritrociti.

Studi in vivo ed in vitro hanno evidenziato l'induzioni di aberrazioni cromosomiche, che si ritiene possano essere messe in relazione con i radicali liberi derivanti dalla decomposizione dell'ozono nell'acqua.

Alterazioni della risposta immunitaria, a livello polmonare ed extrapolmonare, sono state osservate sia su animali che sull'uomo.

Valori limite per luoghi di lavoro e valori ambientali

Dal punto di vista dell'igiene del lavoro, l'ozono era caratterizzato da un TLV-Ceiling pari a 0,1 p.p.m.. Ora è stata accettata la proposta di variazione che prevede l'introduzione di tre TLV-TWA differenziati, in relazione a lavori di tipo leggero, moderato o pesante, con valori limite rispettivamente pari a 0,10 - 0,08 - 0,05 p.p.m.

Il valore limite per l'igiene del lavoro raccomandato dal NIOSH è 0,10 ppm da non superare mai.

Il valore raccomandato per i lavoratori da OSHA è di 0,10 per 8 ore.

L'EPA, negli Standard Nazionali di Qualità dell'aria ambiente propone una concentrazione media in 8 ore di 0,08 ppm.

Tra le linee guida che il WHO propone per i composti non cancerogeni, tra i quali l'ozono, nel 1998 per l'Europa il dato è il seguente:

Concentrazione dell'aria ambiente nell'arco dell'anno espresso in ppm	mg/m ³ 10-100 0,005-0,05
<u>Valore guida proposto</u> espresso in ppm	mg/m ³ 120 per 8 ore <u>0,06</u>

Tra tutti questi dati si potrebbe proporre per l'Italia un valore limite per l'indoor pari al valore del WHO di 0,06 ppm.

Prevenzione

Utilizzo di macchinari caratterizzati da basse emissioni di ozono;

Manutenzione dei macchinari con pulizia e sostituzione dei filtri;

Apirazioni localizzate con espulsione verso l'esterno dell'aria emessa dai macchinari;

Abbattimento, tramite filtrazione su carbone attivo, dell'ozono, sia in immissione che emissione dai locali.

3.2.5 - Particolato aerodisperso

Per PM₁₀ si intende il particolato costituito dalla frazione respirabile di polvere sospesa in atmosfera di diametro equivalente non superiore a 10 micronmetri e per PM_{2.5} la frazione di diametro equivalente non superiore a 2.5 micronmetri. Il subscripto alla sigla PM rappresenta la dimensione di taglio del campionatore adottato per le misure. Ad esempio, la misura del PM₁₀ è ottenuta da un campionatore che raccoglie circa il 50% delle particelle di dimensioni di 10 um e percentuali crescenti di particelle più piccole.

La definizione corrente di parametro non considera generalmente la composizione chimica delle polveri, ma si limita ad esaminarne la capacità di entrare nella parte più profonda delle vie respiratorie. Le evidenze sperimentali indicano che gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) presenti nell'aria ambiente e segnatamente il Benzo(a)Pirene sono adsorbiti al particolato fine, il cui diametro aerodinamico è inferiore ad alcuni micronmetri (4, 9). Questo aspetto merita attenzione, in quanto l'esposizione a particolato fine comporta anche l'esposizione a IPA ed altre sostanze di analoghe proprietà fisico chimiche emesse da processi di combustione e in particolare da motori. Uno studio effettuato sugli IPA contenuti nel particolato ambientale outdoor e indoor, effettuato con campionatori personali su bambini, in assenza di sorgenti indoor significative, ha indicato un

rapporto tra le concentrazioni all'esterno ed all'interno mediamente dell'ordine di 5 (6).

Per quanto concerne i livelli esterni, misure effettuate in Italia indicano livelli medi di particelle totali sospese (PTS) (non specificamente PM₁₀ o PM_{2.5}) tipicamente dell'ordine di 60 ug/m³, con il 95-simo percentile che varia da circa 4 a circa 250 ug/m³. Misure effettuate recentemente a Roma da 5 centraline fisse nel periodo 1992-1995, indicano per il PM₁₃ (all'epoca il sistema disponibile consentiva questa misura) un livello medio nelle 24 ore di 84.2 ug/m³ (deviazione standard 26.1 ug/m³), con livelli più elevati misurati in estate (media 96.6 ug/m³) rispetto all'autunno-inverno (media 82.4 ug/m³) (1,4,8). Nel 1995-1997, il valore medio per il PM₁₃ è risultato più basso e pari a 69.3 ug/m³ (deviazione standard 20.1 ug/m³) (5).

A livello indoor il particolato è prodotto principalmente dal fumo di sigaretta, dalle fonti di combustione e dalle attività degli occupanti. La composizione del particolato da combustione varia in base al tipo di combustibile e alle condizioni in cui avviene la combustione. L'esame di particolato fine raccolto all'interno ed all'esterno di abitazioni ed edifici ha consentito di verificare la presenza di n-alcani, acidi grassi (palmitico e stearico), esteri ftalati in particolato indoor. Il rapporto tra le concentrazioni di queste sostanze nel particolato indoor e in quello outdoor è superiore a 90 per molti idrocarburi (n-alcani), e, sia pure a minor livello per altre sostanze organiche (dibutilftalato e Di(2-etilexil)ftalato), indicando la presenza di sorgenti interne di considerevole rilievo.

Nella tabella 3.2 vengono riportate le concentrazioni indoor di PM₁₀ rilevate in diversi edifici ad uso ufficio in Milano. Si può osservare che le concentrazioni mediane sono risultate variare da 24,5 a 127,5 µg/m³; le concentrazioni più elevate sono state rilevate negli edifici pubblici con ventilazione naturale e nel periodo invernale generalmente sono state osservate concentrazioni superiori rispetto al periodo estivo (3).

Si segnala che valori di esposizione personale a PM in soggetti residenti in Milano sono presentati alla fine di questo capitolo.

Sempre per quanto riguarda le esperienze italiane, in tabella 3.3 sono riportati i risultati delle indagini epidemiologiche condotte a Pisa e nel Delta del Po (1,7,8). E' stata evidenziata una forte associazione tra la presenza di fumatori ed elevati livelli di particolato; tali concentrazioni sono risultate direttamente proporzionali alla quantità di tabacco consumato e in generale si sono mantenute più elevate durante l'inverno.

Tabella 3.2 - Concentrazioni indoor di PM₁₀ in edifici ad uso ufficio in Milano

	PM ₁₀ µg/m ³					
	Estate			Inverno		
Edificio	n.	mediana	range	n.	mediana	range
Privato, vent. Mecc	14	31.0	(21-52)	14	54.5	(43-72)

Privato, vent. Mecc	18	24.5	(15-58)	18	16.5	(12-31)
Privato, vent. Mecc	6	35.5	(24-105)	6	44.5	(36-52)
Privato, vent. Mecc	-	-	-	6	27.3	(24-50)
Privato, vent. Mecc	60	47.0	(15-210)	60	57.6	(29-97)
Pubblico, vent. mecc	38	42.5	(28-66)	16	64.5*	(22-116)
Pubblico, vent. natur	43	87.0	(13-181)	38	127.5*	(5-234)
Pubblico, vent. natur	6	42.0	(28-135)	12	107.5*	(10-701)

* Differenza inverno-estate statisticamente significativa

Tab. 3.3 – Concentrazioni “indoor” di PM_{2.5} (µg/m³)[^] determinate nelle indagini epidemiologiche effettuate nell’area di Pisa e nel Delta del Po

N°. abitazioni	PISA (n°=290)		DELTA DEL PO (n°=140)	
	Estate	Inverno	Estate	Inverno
Tutti i soggetti	48	70 ***	49	77 ***
Non fumatori	43	53 ***	43	63 ***
Fumatori	57	99 ***	59	97 ***
<10 sig./die	51	75	54	90
>10 sig./die	63•	135~	71•	124 ~

[^] Valori medi settimanali delle concentrazioni “indoor”

** Significativa differenza tra estate e inverno (p<0.01)

*** Significativa differenza tra estate e inverno (p<0.001)

• Associazione significativa tra quantità di fumo e PM_{2.5} (p<0.01)

~ Associazione significativa tra quantità di fumo e PM_{2.5} (p<0.001)

3.2.5. - *Composti organici volatili*

3.2.5.1 - *Livelli indoor di composti organici volatili*

Nell'aria degli ambienti indoor sono stati identificati numerosi composti organici in fase gassosa che formano un'ampia classe di composti chimici di varie caratteristiche chimico-fisiche e di varia reattività. In base al loro punto di ebollizione, che ne condiziona la volatilità, vengono distinti in quattro gruppi: composti molto volatili (VVOC da "very volatile organic compounds"), composti volatili in senso stretto (VOC da "volatile organic compounds"), composti semivolatili (SVOC da "semivolatile organic compounds") e composti associati con il particolato (POM da "particulate organic matter"). Questa suddivisione ha un rilievo pratico in quanto la volatilità è uno dei più importanti fattori che determina il metodo di campionamento più adatto per il loro monitoraggio ambientale.

Il gruppo dei composti organici volatili (VOC) è costituito da composti che hanno il punto di ebollizione compreso tra il limite inferiore di 50-100°C e quello superiore di 240-260°C; appartengono a questa classe numerosi composti quali idrocarburi alifatici, aromatici e clorurati, aldeidi, terpeni, alcoli, esteri e chetoni. Sebbene la formaldeide ed alcune altre aldeidi siano dei composti organici volatili, queste sostanze vengono considerate a parte in quanto, per la loro elevata reattività, devono essere monitorate con metodologie diverse da quelle applicate per i VOC.

Varie sono le sorgenti di inquinamento di VOC nell'aria degli ambienti indoor (vedi tabella 3.4). Gli occupanti un ambiente sono fonte di inquinamento dell'aria indoor in quanto numerosi VOC vengono emessi attraverso la respirazione e la superficie corporea. VOC vengono emessi da prodotti

cosmetici o deodoranti e da abiti trattati recentemente in lavanderie. Negli uffici importanti fattori sono sicuramente il fumo di sigaretta e gli strumenti di lavoro quali stampanti e fotocopiatrici. Altre importanti fonti di inquinamento sono i materiali di costruzione e gli arredi (es. mobili, moquettes, rivestimenti) che possono determinare emissioni continue durature nel tempo (settimane o mesi); importanti concentrazioni di VOC sono riscontrabili in particolare nei periodi immediatamente successivi alla posa dei vari materiali o alla installazione degli arredi. Possono determinare una emissione importante, anche se di breve durata nel tempo, il funzionamento di dispositivi di riscaldamento e l'uso di materiali di pulizia e di prodotti vari (es. colle, adesivi, solventi). Un'errata collocazione delle prese d'aria in prossimità di aree ad elevato inquinamento (es. vie ad alto traffico, parcheggio sotterraneo, autofficina) possono determinare una importante penetrazione di VOC dall'esterno.

Tabella 3.4 – Fonti dei principali VOC rilevati negli edifici

COMPOSTO	FONTI						COMPOSTO	FONTI					
	A E	F T	Uf	M	Ar	P		A E	F T	Uf	M	Ar	P
(CF ₂) _n						X	Benzene	X	X		X	X	
1,1,1-tricloroetano					X	X	C ₃ -alkybenzene	X	X		X	X	X
C ₂ Cl ₃ F ₃						X	m-xylene	X	X		X	X	X
Tetracloroetilene						X	o-xylene	X	X		X	X	X
Diclorometano				X		X	p-xylene	X	X		X	X	X
Diclorobenzene						X	toluene	X	X		X	X	X
Butano	X						naftalene						X
n-esano	X	X		X	X		ftalati					X	
alifatico C ₇ H ₁₆	X					X	1-butanolo				X	X	X
n-eptano	X					X	1-etoxy-2-propanolo				X		
ottano	X	X		X			2-butoxy-etanolo				X		X
alifatico C ₉ H ₂₀				X	X	X	2-fenoxy-etanolo				X		X
nonano				X	X	X	C ₅ -alcool				X		X
decano C ₁₀ H ₂₂				X	X	X	Etanolo					X	X
undecano				X	X	X	Etoxy-etoxy-etanolo				X		X
dodecano						X	4-metil-2-pentanone		X			X	
tetradecano						X	acetone					X	
pentadecano						X	cicloexanone						X
2-metilbutano	X						benzaldeide			X		X	X
2-metilpentano	X						nonanale			X	X		X
3-metilpentano	X						decanale			X		X	X
2,4 dimetilexano	X				X		acido acetico etil estere					X	
2-metilexano	X				X		butoxy-etoxy- etilacetato						X
nonano-xylene					X		acido acetico				X	X	
nonano-stirene					X		acido benzoico						X
dimetil-ciclopentano					X	X	acido dodecanoico					X	X
metil-ciclopentano					X	X	a-pinene					X	X
metil-cicloexano	X				X	X	l-limonene						X
ciclo-exano					X	X	terpene						X
2-metil-1,3-butadiene					X								X

**AE = Aria Esterna; FT = Fumo Tabacco; Uf = Macchine da ufficio; M = Materiali da costruzione; Ar = Arredi ;
P = Prodotti di consumo**

Fonte: A. Lagoudi et al, 1995 (6)

I VOC vengono rilasciati dalla quasi totalità dei prodotti da costruzione, ma in misura maggiore dai prodotti di finitura (rivestimenti, vernici) e da quelli intermedi per la posa (adesivi, sigillanti); il più importante contributo alla concentrazione di VOC nell'aria interna è comunque dato dai prodotti per la pulizia, dai disinfettanti e dagli insetticidi (Tab. 3.5). Questo contributo è particolarmente significativo perché viene rimandato anche dai materiali di finitura i quali, oltre che con le proprie emissioni, possono inquinare l'aria anche adsorbendo-rilasciando VOC provenienti da altre fonti; entrambi i processi, quello di emissione e quello di adsorbimento sono influenzati dalla temperatura e dall'umidità.

Tabella 3.5 – Emissioni di VOC da prodotti edilizi, per l'arredo e la pulizia

Prodotti	$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$	Prodotti	$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$
MATERIALI PRIMARI		PRODOTTI PER LA POSA	
-Getti di cemento	< 5	-Colla per tappezzerie (dopo 24 ore)	270.000
-Cartongesso	30	-Adesivo per moquettes (dopo 24 ore)	100.000
-Polistirolo espanso nuovo	200	-Sigillante siliconico (dopo 10 ore)	13.000
PAVIMENTI		FINITURE	
-Moquette posata (dopo 1 ora)	400	-Pittura acrilica	430
-Pavimento vinilico posato (dopo 1h)	22.000	-Vernice poliuretanica per legno	9.000
-Linoleum posato	600	-Vernice per pavimenti	4.700
-Legno di pino non trattato, in opera	215	-Tappezzeria vinilica	100
ARREDI		PRODOTTI PER L'IGIENE	
-Partizioni con HCHO (a 48 ore)	37	-Detergente/disinfettante per pavimenti	35.000
-Poltrona da ufficio	1.060	-Lucidante per mobili	27.000
-Pannello truciolare con elevata conc. di formaldeide.	2.000	-Insetticida	14.000.000

Rilevazioni effettuate da diversi ricercatori e riportate da H. Levin, 1992 (7)

Per ridurre la consistenza delle concentrazioni è stata sollecitata l'immissione sul mercato di prodotti edili "basso-emissivi" ovvero di prodotti le cui emissioni sono al di sotto di soglie stabilite e garantiscono un livello accettabile per la concentrazione di VOC nell'aria (Tabella 3.6).

Tabella 3.6 – Valori indicativi per stabilire una soglia massima di emissività per prodotti di finitura e arredo

Materiali o prodotti	Emissione massima
- Pavimentazioni	0,6 mg/h.m ²
- Rivestimenti per pavimentazioni	0,6 mg/h.m ²
- Pareti	0,4 mg/h.m ²
- Rivestimenti per pareti	0,4 mg/h.m ²
- Pareti mobili	0,4 mg/h.m ²
- Mobili per ufficio	2,5 mg/h per posto-lavoro
- Macchine da ufficio (Centrali)	0,6 mg/h.m ³
Emissioni di Ozono	0,6 mg/h.m ³
- Macchine da ufficio (Personal)	0,6 mg/h per posto-lavoro
Emissioni di Ozono	0,6 mg/h per posto-lavoro

Tratta da Tucker W.G., 1990 (11)

Per quanto concerne tipologia e livelli di inquinamento, nell'aria di ambienti indoor sono stati finora identificati più di 900 differenti VOC, di cui 250 sono stati misurati a concentrazioni maggiori di 1 ppm. Solitamente in un singolo campione d'aria raccolto in un ambiente indoor vengono determinati più di 30 composti organici volatili; ciascun composto raramente eccede una concentrazione di 50 µg/m³, mentre la concentrazione totale complessiva di VOC (TVOC) è generalmente inferiore a 1-3 mg/m³.

In tabella 3.7 vengono riassunte le concentrazioni di VOC totali rilevate in varie tipologie di edifici nella città di Milano (8). Si può osservare che le concentrazioni dei composti organici volatili riscontrate negli ambienti indoor sono generalmente risultate superiori a quelle rilevabili nell'aria esterna.

Tabella 3.7 - Concentrazioni indoor di composti organici totali (µg/m³) in edifici a diversa destinazione d'uso nella città di Milano

		Indoor	Outdoor
Edificio scolastico n.		40	10
mediana		1755	270
range		17 - 13600	23 - 1580
Edificio uso uffici n.		59	16
Ventilazione meccanica	mediana	425	317
in zona periferica	range	14 - 8873	29 - 1682
Edificio uso uffici n.		34	9
Ventilazione naturale	mediana	363	157
in zona centrale	range	50 - 5873	45 - 497
Edificio uso uffici n.		16	4
ventilazione meccanica	mediana	610	428
in zona centrale	range	205 - 3361	255 - 602

I composti Organici Volatili includono un grande numero di composti, la cui caratteristica essenziale è di presentarsi nell'area ambiente in forma di vapori. Tra i più noti componenti di questa famiglia è da citare il Benzene.

3.2.5.2 - Livelli indoor di benzene

Le caratteristiche chimico-fisiche del benzene comportano un'elevata volatilizzazione di questa sostanza, che tende a migrare verso l'atmosfera dai liquidi che la contengono, con un "pattern" di esposizione inalatoria di rilievo.

Le principali sorgenti di benzene in ambito urbano e lontano da impianti industriali in cui questa sostanza è coinvolta, sono costituite dagli scarichi dei motori a combustione a benzina (sia come benzene incombusto, sia come prodotto di combustione, a partire dai componenti della benzina, in particolare idrocarburi aromatici), sia per evaporazione durante la distribuzione, l'immagazzinamento e la manipolazione di carburanti che lo contengono.

Per quanto concerne specificamente gli ambienti interni degli edifici (indoor), le sorgenti di maggior rilievo sono prodotti di consumo, come adesivi, materiali di costruzione e vernici (5,12). Il fumo di una sigaretta contiene un quantitativo di benzene significativo e considerevolmente variabile, misurato nell'intervallo da $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2,5).

L'emissione da prodotti di consumo, materiali di costruzione, vernici, è funzione della temperatura e, in particolare nel caso di vernici e materiali, decresce con il tempo. La determinazione dei parametri di questi processi è piuttosto complessa.

I livelli medi outdoor misurati in passato in città europee e dell'America del Nord variano da circa $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a circa $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e più. Presso le stazioni di distribuzione del carburante possono essere raggiunti picchi di concentrazione di $3.2 \text{ mg}/\text{m}^3$, durante il riempimento con benzina di serbatoi di automezzi (5).

In ambienti cittadini, in assenza di significative sorgenti indoor, sono citati livelli medi e/o esposizioni personali medie all'interno di edifici dell'ordine di frazioni dei livelli misurati immediatamente all'esterno (ad esempio, circa il 60%), mentre nel caso di presenza di sorgenti significative interne la concentrazione e/o l'esposizione media indoor può raggiungere valori anche considerevolmente superiori rispetto a quelli misurati all'esterno (3,10,15).

Ad esempio durante il periodo autunnale-invernale sono stati rilevati livelli indoor in case di fumatori di tabacco dell'ordine di $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$, rispetto a valori di circa $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in case di non fumatori; i livelli misurati in locali pubblici con elevata presenza di fumo di tabacco sono stati dell'ordine di $26 - 36 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'entità e l'intensità del fumo di tabacco hanno un ovvio rilievo. Inoltre, la maggiore aerazione degli edifici durante l'estate risulta ovviamente comportare una significativa riduzione dell'impatto di questa e altre sorgenti indoor, rispetto a condizioni di scarsa aerazione, più frequenti con basse temperature (2,5,12,13).

In uno studio sull'esposizione a Benzene e altri VOC di bambini (10), è stato osservato che l'esposizione personale mediana era comparabile in città (Copenaghen) e in campagna, con valori rispettivamente di $5.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $4.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pur essendo i corrispondenti valori mediani delle concentrazioni outdoor rispettivamente pari a $8.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e a $1.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Questo risultato è stato spiegato dagli autori della ricerca con un possibile impatto di sorgenti indoor, in particolare connesse con le strutture e i materiali degli edifici e con l'impatto di parcheggi connessi o facenti parte degli edifici. La ricerca ha coinvolto famiglie senza fumatori, per cui l'impatto di questa sorgente era ritenuto minoritario. I bambini residenti in città vivevano in vecchie case, mentre quelli

residenti in campagna vivevano in case costruite entro gli ultimi 25 anni, spesso dotate di garage facente parte dell'edificio. Una maggiore presenza di VOC in edifici nuovi rispetto ad edifici vecchi è stata rilevata in altri studi (4,8,12), ed è in accordo con la chimica-fisica dei processi di rilascio.

In entrambi i casi dei bambini esaminati da Raashou-Nielsen et al. (ambiente urbano e rurale), l'esposizione personale era, in termini temporali, prevalentemente indoor; infatti, il tempo mediano passato all'esterno dai soggetti sottoposti a monitoraggio era circa il 16% e il 17% del tempo totale di campionamento, rispettivamente per i bambini sottoposti a monitoraggio in città e in campagna. Nel caso dei bambini residenti in città, l'esposizione mediana personale ($5.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) era circa il 60% della concentrazione mediana misurata immediatamente all'esterno degli edifici (circa $8.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Questo rapporto è molto vicino a quello indicato dall'OMS tra concentrazioni indoor e concentrazioni outdoor (15) ed è sovrapponibile a quello rilevato per il biossido di azoto. Nel caso dei bambini residenti in campagna, l'esposizione mediana personale ($4.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) corrispondeva al 240% della concentrazione mediana outdoor ($1.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La differenza tra le due concentrazioni era di circa $2.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Si può osservare che questa differenza diverrebbe dell'ordine di 3 - 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ove si assumesse anche in campagna un impatto delle concentrazioni esterne su quelle interne pari a quello rilevato dagli stessi autori in città (assumendo quindi, in assenza di sorgenti interne, una concentrazione indoor di circa $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a fronte di una concentrazione outdoor di circa $1.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Questi ed altri dati indicano che il contributo di sorgenti indoor di benzene, non ultimo il fumo di tabacco, ma anche il rilascio da materiali, da prodotti di consumo e l'impatto di parcheggi interni agli edifici può essere rilevante, e nei termini da alcuni $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sino alla decina e più di $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con i valori più elevati attribuibili in linea di massima ad elevata quantità di fumo di tabacco.

3.2.5.3 - Valutazione del rischio conseguente a sorgenti indoor di benzene

A) Scenari di esposizione

Nell'analisi che segue, sono proposti alcuni scenari di esposizione indoor a benzene derivati da ricerche e valutazioni effettuate recentemente, prese in considerazione da enti di rilievo (ad esempio, IPCS-OMS, 1993). Anche tenendo conto della variabilità propria dei parametri selezionati, è da ritenere che alle stime media di esposizione di seguito citate sia da attribuire un livello di incertezza almeno entro un fattore 2.

a) Impatto del fumo di tabacco in condizioni medie (2,5,12,13):

In inverno e comunque in mesi in cui l'aerazione degli ambienti è limitata: circa $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$;

In condizione di elevata aerazione (mesi caldi): circa $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$;

Assumendo 4 mesi di elevata aerazione e 8 mesi di scarsa aerazione, si ottiene, come media pesata: Esposizione media pesata a lungo termine $\cong 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

b) Impatto di emissioni interne da materiali, vernici, altro: Sulla base della differenza misurata tra concentrazioni outdoor e indoor in case nuove ed in case vecchie, assumendo una concentrazione indoor attesa pari a circa il 60% di quella esterna in assenza di sorgenti interne, emerge l'indicazione di un livello di circa $2.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a breve distanza temporale dalla messa in opera dei materiali rilascianti benzene (10). Secondo gli autori, questa concentrazione può essere almeno in

parte anche attribuita parte alla presenza di parcheggi interni agli edifici.

Assumendo che il tasso di emissione decresca nel tempo secondo una legge del primo ordine (esponenziale decrescente) e che dopo circa 10 anni il questo tasso sia tale da portare solo a frazioni di $\mu\text{g}/\text{m}^3$, si può assumere che il livello medio, su circa 70 anni (esposizione per il tempo di vita), sia circa il 5% di quello iniziale, ovvero di qualche decimo di $\mu\text{g}/\text{m}^3$, nell'ipotesi di un'unica messa in opera di materiali che rilascino benzene. Assumendo un rinnovamento di materiali all'interno degli edifici con frequenza circa decennale, e quindi circa 7 volte su 70 anni, si può derivare un livello di esposizione dell'ordine di:

Esposizione media su lungo termine: $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

c) Impatto di prodotti di consumo (solventi, benzina, prodotti del petrolio, altro): ai fini di questa analisi sono considerate in questa tipologia le sorgenti con emissione discontinua e su intervalli temporali brevi, anche se con livelli di emissione potenzialmente più elevati di quelli considerati al punto precedente. Considerando le procedure indicate dall'EU per la valutazione del rischio di prodotti di consumo ed assumendo un uso relativamente frequente di questi prodotti di consumo, si può tentativamente ipotizzare un impatto analogo a quello citato al punto precedente, ovvero nei termini di:

Esposizione media su lungo termine: $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

d) Impatto di parcheggi facenti parte degli edifici: La presenza di parcheggi all'interno degli edifici è stata associata al rinvenimento di livelli di benzene indoor più elevati di quelli mediamente misurati outdoor (10). L'incremento della concentrazione di benzene attribuibile congiuntamente all'impatto di parcheggi e all'emissione da materiali di costruzione, senza una precisa distinzione tra queste due sorgenti, è stato valutato nei termini di $2 - 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ai fini di questa stima di rischio, si può conservativamente assumere che l'impatto dei parcheggi possa essere mediamente nei termini di un incremento dell'ordine di circa $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, nell'ipotesi di una progettazione relativamente soddisfacente di queste strutture e anche tenendo conto della riduzione del tasso di benzene nelle benzine italiane (l'emissione di benzene da parcheggi è prevalentemente in termini di evaporazione da serbatoi):

Esposizione su lungo termine: circa $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Sulla base di un'ipotesi media, l'insieme di questi fattori potrebbe contribuire nel complesso nei termini di un livello di esposizione additivo, rispetto all'impatto delle sorgenti esterne, dell'ordine di $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I dati esaminati sottolineano l'importanza del fumo passivo come fattore indoor di esposizione a benzene.

B) Le stime di rischio additivo unitario più recenti

L'US Environmental Protection Agency (11) ha recentemente rivisto la sua stima di rischio relativa al benzene, considerando una vasta base di dati aggiornati, epidemiologici, di sperimentazione animale, di metabolismo e di farmacocinetica. In questa analisi si farà quindi riferimento a quanto definito, trattandosi della valutazione più recente maggiormente dettagliata tra quelle disponibili da questa agenzia:

Incremento di rischio cancerogeno per il tempo di vita per un'esposizione continuativa a 1 ug/m^3 di benzene:

Intervallo delle stime: 2.2×10^{-6} per 1 ug/m^3 - 7.8×10^{-6} per 1 ug/m^3

Concentrazioni associate a specifici livelli di rischio:

Rischio	Concentrazione
10^{-4}	13 - 45 ug/m^3
10^{-5}	1.3 - 4.5 ug/m^3
10^{-6}	0.13 - 0.45 ug/m^3

C) Rischio associabile alle diverse sorgenti di esposizione "indoor"

Le valutazioni che seguono sono presentate facendo riferimento all'intervallo della stima di rischio dell'US EPA. Sono riportati anche le stime massime e minime, attribuendo una variabilità entro un fattore 2. Le stime sono:

a) Impatto del fumo di tabacco:

- concentrazione di benzene (stima media): $5 \text{ ug/m}^3 \Rightarrow$ rischio: 1.1×10^{-5} - 3.9×10^{-5}
- (- concentrazione di benzene (stima massima): $10 \text{ ug/m}^3 \Rightarrow$ rischio: 2.2×10^{-5} - 7.8×10^{-5})
- (- concentrazione di benzene (stima minima): $2.5 \text{ ug/m}^3 \Rightarrow$ rischio: 0.55×10^{-5} - 1.9×10^{-5})

Assumendo un rischio di fondo di circa 0.007 (7×10^3) per la popolazione generale (media tra maschi e femmine) per la leucemia (3,15), il livelli sopra riportati corrispondono ad una frazione del rischio di fondo pari a:

Rapporto rischio stimato/rischio di fondo:

- concentrazione di benzene (stima media): $5 \text{ ug/m}^3 \Rightarrow$ 0.16% - 0.56%
- (- concentrazione di benzene (stima massima): $10 \text{ ug/m}^3 \Rightarrow$ 0.32% - 1.12 %)
- (- concentrazione di benzene (stima minima): $2.5 \text{ ug/m}^3 \Rightarrow$ 0.08% - 0.28%)

b) Impatto di emissioni interne da materiali, vernici, altro:

- concentrazione (stima media): $1 \text{ ug/m}^3 \Rightarrow$ rischio: 2.2×10^{-6} - 7.8×10^{-6}
- (- concentrazione (stima massima): $2 \text{ ug/m}^3 \Rightarrow$ rischio: 4.4×10^{-6} - 15.6×10^{-6})
- (- concentrazione (stima minima): $0.5 \text{ ug/m}^3 \Rightarrow$ rischio: 1.1×10^{-6} - 3.9×10^{-6})

Assumendo un rischio di fondo di circa 0.007 (7×10^3) per la popolazione generale (media tra maschi e femmine) per la leucemia (3,15), il livelli sopra riportati corrispondono ad una frazione del rischio di fondo pari a:

Rapporto rischio stimato/rischio di fondo:

- concentrazione (stima media): $1 \text{ ug/m}^3 \Rightarrow 0.03\% - 0.11\%$
- (- concentrazione (stima massima): $2 \text{ ug/m}^3 \Rightarrow 0.06\% - 0.22\%$)
- (- concentrazione (stima minima): $0.5 \text{ ug/m}^3 \Rightarrow 0.015\% - 0.056\%$)

c) Impatto di prodotti di consumo (solventi, benzina, prodotti del petrolio, altro)

Come il precedente.

d) Impatto di parcheggi interni agli edifici

- concentrazione (stima media): $2 \text{ ug/m}^3 \Rightarrow$ rischio: $4.4 \times 10^{-6} - 1.56 \times 10^{-5}$
- (- concentrazione (stima massima): $4 \text{ ug/m}^3 \Rightarrow$ rischio: $8.8 \times 10^{-6} - 3.15 \times 10^{-5}$)
- (- concentrazione (stima minima): $1 \text{ ug/m}^3 \Rightarrow$ rischio: $2.2 \times 10^{-6} - 7.8 \times 10^{-6}$)

Assumendo un rischio di fondo di circa 0.007 (7×10^3) per la popolazione generale (media tra maschi e femmine) per la leucemia (3,15), il livelli sopra riportati corrispondono ad una frazione del rischio di fondo pari a:

Rapporto rischio stimato/rischio di fondo:

- concentrazione (stima media): $2 \text{ ug/m}^3 \Rightarrow 0.06\% - 0.22\%$
- (- concentrazione (stima massima): $4 \text{ ug/m}^3 \Rightarrow 0.12\% - 0.44\%$)
- (- concentrazione (stima minima): $0.5 \text{ ug/m}^3 \Rightarrow 0.03\% - 0.011\%$)

D) Considerazioni conclusive

I livelli medi di rischio presentati al paragrafo precedente per le emissioni di benzene da materiali da costruzione ed assimilabili, come anche per le emissioni da prodotti di consumo e da parcheggi interni agli edifici, risultano contenuti entro l'ordine di grandezza di 1 su 100000 (10^{-5}), corrispondente al livello intermedio di rischio tra quelli di riferimento presentati dall'US EPA nelle sue valutazioni ed al livello di rischio assunto come riferimento dall'OMS (1993) per le Linee Guida per la Qualità dell'Acqua Potabile. Queste stime di rischio corrispondono a frazioni del rischio di fondo contenute entro una o due unità su mille, se si fa riferimento ai valori medi stimati e entro circa 4 unità per mille, considerando le stime massime.

Il livello di rischio di 1 su 100000 (10^{-5}) è superato invece per quanto concerne le concentrazioni indoor di benzene attribuibili a fumo di tabacco; in questo caso il rischio apparirebbe dell'ordine di qualche unità per 100000, come stima media, e vicino, e comunque inferiore a 1 su 10000 come stima di massimo. Questi livelli corrispondono a frazioni del rischio di fondo dell'ordine al più di

circa 6 su mille, con riferimento alle stime medie, e dell'ordine dell'1% come stime massima.

Non è inutile sottolineare che il fattore a cui appare associato il rischio maggiore è quello che più facilmente può essere controllato.

Nell'ipotesi di una coesistenza dell'insieme dei fattori di rischio sopra discussi, il rischio complessivo risulterebbe, come stima media, compreso tra circa 2 unità su 100000 e circa 7 unità su 100000. L'eliminazione dell'impatto del fumo di tabacco, nell'ipotesi di coesistenza delle altre tre cause di inquinamento indoor, dovrebbe portare a livelli di rischio ben inferiori, stimabili, come media, da meno di 1 su 100000 a circa 3 su 100000.

3.2.6 - Formaldeide

La formaldeide è un composto organico in fase vapore che oltre a essere un prodotto della combustione, è anche emesso da resine urea-formaldeide usate per l'isolamento (cosiddette UFFI) e da resine usate per truciolato e compensato di legno, per tappezzerie, moquette e per altro materiale da arredamento (2). Nelle aree urbane i livelli medi annuali di formaldeide sono generalmente compresi tra 5 e 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3). Negli ambienti indoor i livelli sono generalmente compresi tra 10 e 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1). Concentrazioni particolarmente elevate sono state osservate in certe situazioni quali in case prefabbricate ed in locali con recente posa di mobili in truciolato o moquette (1). In tabella 3.7 vengono riassunti i contributi di varie situazioni ambientali all'esposizione media alla formaldeide

Tabella 3.7 - Contributo di varie situazioni ambientali all'esposizione media alla formaldeide (1,3).

Fonte	Concentrazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Quantità assorbita ($\mu\text{g}/\text{giorno}$)
Aria esterna	1 - 20	20 - 40
Aria interna casa (65% del tempo)		
Edifici convenzionali	30 - 60	300 - 600
Costruzioni provvisorie - roulotte	100	1000
Aria interna ufficio (25% del tempo)	40-160	200-800
Aria interna con fumo di tabacco	50 - 350	500 - 3500
Fumo di tabacco (contenuto totale di formaldeide nel fumo di 20 sigarette)	60000 - 130000	900 - 2000

In Italia non esistono ancora norme tecniche che regolino i contenuti di formaldeide nei pannelli e le modalità di prova, ma il necessario confronto con il mercato estero ha fatto sì che le produzioni più importanti e diffuse (circa il 50% del mercato) si siano uniformate alla normativa tedesca, largamente accettata in tutta Europa (tabella 3.8); questa disciplina il metodo di prova detto "del perforatore" che consiste nell'estrarre la formaldeide dal pannello, per verificare la rispondenza a una classificazione che prevede un quantitativo massimo in milligrammi per ogni 100 grammi di

pannello anidro.

3.2.7 - Idrocarburi aromatici policiclici

Gli idrocarburi aromatici policiclici (IPA) sono un ampio gruppo di composti organici con due o più anelli benzenici. Nell'aria indoor si trovano in parte in fase di vapore ed in parte adsorbiti su particolato. Le sorgenti principali sono le fonti di combustione (es. caldaie a cherosene) ed il fumo di sigaretta.

Tabella 3.8 - Ammissibilità dei pannelli di legno alla classe E1, in relazione alle loro emissioni di formaldeide (norma tedesca DIBt100, giugno 1994).

Materiale	Classe	Norma EN 120 (mg HCOH/m ² .h)		Norma EN 717-2 (mg HCOH/m ² .h)	
		Valore medio	Valore singolo	Valore medio	Valore singolo
Pannelli di particelle grezzi	E1	≤ 6,5	≤ 8,0		
Pannelli di fibre grezzi	E1	≤ 7,0	≤ 8,0		
Compensati e impiallacciati (analisi eseguita entro 3 giorni)	E1			≤ 5,0	≤ 6,0
Idem dopo 28 giorni	E1			≤ 2,5	≤ 3,5
Pannelli di particelle e fibre rivestiti	E1			----	≤ 3,5
Compensati rivestiti	E1			----	≤ 3,5
Pannelli da rivestire	E1		≤ 10,0		

3.2.8 - Fumo di tabacco ambientale

Il fumo di tabacco ambientale (environmental tobacco smoke o ETS) è una miscela complessa di inquinanti la cui fonte primaria è appunto il fumo di sigaretta. Il fumo presente nell'ambiente risulta costituito da una componente detta "mainstream" e da una nominata "sidestream". Il mainstream è il fumo inalato dai fumatori, filtrato dai polmoni e quindi espirato. Il sidestream è invece l'aerosol derivato direttamente dalla combustione della sigaretta, tra un puff e l'altro; il sidestream è il più importante dei due, perchè rappresenta il principale costituente dell'aerosol e di circa la metà della porzione corpuscolata dell'ETS.

Dal punto di vista chimico sono stati individuati nel fumo ambientale circa 3800 composti. Le principali sostanze tossiche del fumo liberate nell'ambiente sono: il monossido di carbonio (CO), gli idrocarburi aromatici policiclici (come il benzoapirene), numerosi VOC, l'ammoniaca e le ammine volatili, l'acido cianidrico e gli alcaloidi del tabacco. Nel fumo di sigaretta si trova anche una

frazione particolata, costituita da sostanze presenti in fase solida, tra le quali il catrame e diversi composti poliaromatici.

Circa 300-400 dei 3800 composti presenti nel fumo, sono stati isolati nel sidestream; tra questi alcuni riconosciuti cancerogeni sono presenti in concentrazioni superiori rispetto al mainstream (vedi ad esempio le N-nitrosoammine concentrate nel sidestream da 6 a 100 volte di più rispetto al mainstream).

3.2.9 - Fumo di legna

L'uso di legname come combustibile costituisce un problema di notevole rilevanza soprattutto nei paesi in via di sviluppo, senza però dimenticare che tale fenomeno è presente anche nelle nazioni più industrializzate; infatti, sin dal 1973 si è registrata negli Stati Uniti una ripresa nell'uso di questo materiale come combustibile ed il numero delle stufe a legna dei cittadini americani si è rapidamente moltiplicato (1). La combustione della legna all'interno delle abitazioni avviene tipicamente in relativa povertà di ossigeno con notevole produzione di CO, particelle respirabili, benzopirene ed altri composti organici.

In alcune regioni del nostro paese è diffuso l'uso di caminetti: il loro non ottimale utilizzo può incrementare notevolmente i livelli di particelle respirabili all'interno del microambiente durante la stagione invernale (2).

3.2.10 - Antiparassitari

Gli antiparassitari sono composti organici, di solito relativamente volatili, che vengono applicati dentro e intorno agli edifici per combattere insetti e altri infestanti indesiderati. In particolare alcuni antiparassitari ed insetticidi sono specificatamente usati negli ambienti indoor; tra questi ad esempio, sono da citare i prodotti usati per eliminare zanzare, mosche, blatte ed altri insetti. Gli antiparassitari penetrano all'interno degli edifici, anche quando vengono applicati all'esterno, tramite soluzioni di continuità e fessure presenti nelle fondazioni e negli scantinati. Un settore particolare di applicazione di questi composti è il trattamento antimuffa del legno. Una rilevante esposizione cronica ad antiparassitari (in particolare pentaclorofenolo) è stata documentata in soggetti che abitano ambienti ove vi è presenza di superfici di legno trattate, che rilasciano lentamente e per anni tali composti nell'aria ambientale.

3.2.11 - Fibre minerali

Amianto o asbesto è il nome comunemente utilizzato per indicare una serie di minerali a struttura fibrosa presenti in natura: tra questi possiamo ricordare la crisolite (asbesto bianco), l'amosite (asbesto marrone) e la crocidolite (asbesto blu). Nei decenni passati l'amianto è stato ampiamente usato nell'industria meccanica, edile e navale per le sue notevoli qualità di isolamento termico e di materiale resistente alle alte temperature e alla frizione. Nei paesi industrializzati il suo utilizzo ha raggiunto un picco nei primi anni settanta. In Italia il decreto legislativo 277/91 nel capo III è dedicato alla protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti dall'esposizione all'amianto durante l'attività lavorativa. Con la legge 257 del 22/3/1992 l'Italia dichiara fuori legge l'amianto; esso, infatti non può più essere estratto né utilizzato per produrre manufatti.

La liberazione di fibre di amianto all'interno degli edifici dove è stato applicato può avvenire per lento deterioramento dei materiali costitutivi, per danneggiamento diretto degli stessi da parte degli occupanti o per interventi di manutenzione. Uno dei problemi nello studio della esposizione ad amianto negli ambienti non industriali consiste nella determinazione delle fibre aerodisperse con mezzi adeguati. Infatti le microfibre aerodisperse hanno dimensioni microscopiche e possono

essere rilevate quantitativamente solo con l'impiego di tecniche microscopiche.

In linea di massima le concentrazioni di amianto che si ritrovano nell'aria esterna con l'uso della microscopia ottica oscillano tra 0.1 e 4 fibre/litro; negli edifici con presenza di amianto sono rilevate generalmente concentrazioni interne intermedie tra 1 e 10 fibre/litro nei casi migliori e tra 50 e 200 fibre/litro nei casi peggiori.

Le progressive ingravescenti preoccupazioni per la salute, anche della popolazione generale, legate all'utilizzo dell'amianto hanno stimolato la ricerca, e conseguente produzione, di altri materiali fibrosi artificiali in grado di vicariare vantaggiosamente l'asbesto nelle sue eccellenti proprietà tecniche e nelle sue differenti applicazioni industriali, senza rappresentare un pericolo per la salute dell'uomo.

I diversi tipi di materiali fibrosi naturali ed artificiali sono suddivisi in fibre artificiali minerali (*man made mineral fibers*, MMMF) e in fibre artificiali organiche (*man made organic fibers*, MMOF).

Le MMMF comprendono a loro volta diversi tipi di materiali fibrosi, tra cui in particolare le fibre vetrose artificiali (*man made vitreous fibers*, MMVF) e le fibre ceramiche. I principali utilizzi, per quanto concerne le problematiche indoor, sono quali materiali di rinforzo per plastica e cemento e come isolanti termico-acustici.

3.3 - Agenti fisici

3.3.1 - Radon

Il radon, elemento chimico avente come simbolo Rn, è un gas nobile radioattivo di origine naturale. Solo due isotopi sono normalmente presenti nell'ambiente in concentrazioni significative: il Rn-222 (chiamato solitamente *radon*), membro della catena di decadimenti radioattivi che ha come capostipite l'isotopo 238 dell'uranio, e il Rn-220 (di solito chiamato *toron*), membro della catena di decadimenti radioattivi che ha come capostipite l'isotopo 232 del torio. Il radon è il primo ed unico elemento gassoso e inerte delle due catene, e come tale può muoversi facilmente dal punto in cui viene prodotto (suolo, materiali da costruzione) e, tramite diverse vie di trasmissione, finire nell'aria interna degli edifici. La presenza del toron negli ambienti interni è di solito molto inferiore a quella del radon, a causa del suo tempo di dimezzamento molti più breve (55 sec. contro 3,82 giorni), e quindi anche il suo contributo all'esposizione della popolazione è relativamente piccolo, con alcune eccezioni, tra cui alcune zone del Giappone e dell'Italia (1,5,6). Qui di seguito verrà trattato, per brevità, solo il radon.

Le principali sorgenti di provenienza del radon indoor sono il suolo sottostante l'edificio ed i materiali da costruzione. Il radon prodotto nel suolo viene spinto verso l'esterno dalla differenza di pressione o per diffusione; all'aperto si disperde diluendosi notevolmente, mentre se penetra negli edifici, tramite le molte fessure anche piccolissime che vi sono nelle fondamenta o attorno alle giunture, esso si concentra. La concentrazione di radon nell'aria interna degli edifici può raggiungere valori centinaia di volte maggiori che nell'aria esterna, che agisce quindi come un fattore diluente. L'acqua ed il gas per uso domestico sono sorgenti di importanza generalmente molto minore, con alcune eccezioni relative ad alcune acque di pozzo.

La concentrazione di radon nell'aria interna degli edifici non è costante, ma varia sia durante il giorno (generalmente è maggiore di notte), che da un giorno all'altro (al variare delle condizioni meteorologiche e della ventilazione), e da una stagione all'altra (generalmente è maggiore in inverno che in estate). La miglior stima del valore medio è quindi la media annuale. La tecnica più diffusa per misure di tale durata, soprattutto per indagini in un gran numero di edifici, è quella dei rivelatori a tracce, in grado di registrare le radiazioni alfa emesse dal radon e dai suoi prodotti di decadimento (3).

In molti Paesi, europei e non, sono state effettuate indagini in campioni rappresentativi di abitazioni. I risultati delle misure seguono più o meno la distribuzione log-normale, da valori minimi di qualche Bq/m³, equivalenti ai valori tipici all'aperto, fino a valori massimi che possono anche superare, in casi molto particolari, diverse decine migliaia di Bq/m³. I valori medi nazionali includono valori bassi (ad es. 11 Bq/m³ in Australia, 20 Bq/m³ nel regno Unito, che pure ha uno dei programmi radon più sviluppati), medi (ad es. 50 Bq/m³ in Germania e 60 Bq/m³ in Irlanda), medio-alti (ad es. 75 Bq/m³ in Italia e 80 Bq/m³ in Svizzera), e alti (ad es. 108 Bq/m³ in Svezia, 123 Bq/m³ in Finlandia e 140 Bq/m³ nella Repubblica Ceca) (3,7,8). Percentuali relativamente piccole di abitazione hanno concentrazioni di radon molto superiori ai valori medi, e spesso sono concentrate in zone più o meno grandi: ad es. le case con valori maggiori di 400 Bq/m³ – livello di azione raccomandato dalla Commissione Europea (2) sono generalmente inferiori al 3% e spesso inferiori all'1% a livello nazionale, ma in certe regioni possono superare anche il 10%.

La maggior parte delle misure finora effettuate riguarda le abitazioni, poiché esse rappresentano i luoghi dove la popolazione trascorre la maggior parte del tempo. Negli ultimi anni, in alcuni Paesi, sono state effettuate misure anche in luoghi di lavoro, ed in particolare nelle scuole. C'è comunque da attendersi una notevole incremento di tali misure, in quanto la Direttiva Euratom 29/96 (EC 1996), che deve essere recepita entro il 12 maggio 2000, impone ai Paesi Membri di regolamentare l'esposizione al radon nei luoghi di lavoro.

Per quanto riguarda l'Italia, l'esposizione della popolazione è stata valutata tramite un'indagine nazionale – promossa e coordinata dall'Istituto Superiore di Sanità e dall'ANPA e realizzata negli anni 1989-1996 in collaborazione con le Regioni su un campione di oltre 5000 abitazioni – che ha permesso di stimare la distribuzione della concentrazione di radon nelle abitazioni, il cui valor medio è risultato di 75 Bq/m³, a cui corrisponde, secondo una stima preliminare, un rischio individuale sull'intera vita dell'ordine di 0.5% (1). Una trattazione più estesa del rischio associato all'esposizione al radon e del rischio attribuibile nella situazione italiana è riportata nel capitolo 2. In circa l'1% di abitazioni è stata misurata una concentrazione di radon superiore a 400 Bq/m³. Indagini effettuate in scuole materne ed elementari di sei regioni italiane hanno messo in evidenza che anche in questa tipologia di edifici si riscontrano livelli equivalenti o superiori a quelli delle abitazioni (4). In alcune regioni sono state eseguite ulteriori indagini al fine di trovare edifici con valori alti di concentrazione di radon. Dall'insieme delle misure effettuate finora emerge che le regioni coi valori medi più alti sono Lazio, Lombardia, Trentino-Alto Adige, Friuli-Venezia Giulia, Campania e Sardegna. Anche in altre regioni (Umbria, Veneto, Toscana e Piemonte) sono state trovate zone più o meno estese con valori di concentrazione di radon particolarmente alti.

3.4 - Contaminanti microbiologici

Negli ambienti indoor è presente una grande varietà di contaminanti biologici. Gli agenti biologici presenti negli spazi confinati sono rappresentati da particelle organiche (bioaerosol) costituiti da

microrganismi (virus, batteri, muffe, lieviti, funghi, protozoi, alghe) da insetti (acari, aracnidi), e da materiale biologico da essi derivato (frammenti di esoscheletro, escreti, tossine) o da materiale organico di origine vegetale (pollini di piante superiori).

Le principali fonti di inquinamento microbiologico degli ambienti indoor sono gli occupanti (uomo ed animali), la polvere e le strutture ed i servizi degli edifici (1).

Per quanto riguarda gli occupanti, le fonti sono costituite dalla desquamazione dell'epidermide e dalle emissioni di agenti infettanti nel corso di malattie delle prime vie aeree, trasmissibili per contagio diretto oppure in maniera indiretta mediante diffusione nell'aria e sulle superfici. In 24 ore l'uomo libera circa 2 miliardi di scaglie di pelle che possono anche oltrepassare i tessuti degli indumenti: ciascuna particella veicola mediamente quattro microrganismi vitali. Con la fonazione i microrganismi vengono emessi veicolati da goccioline di saliva in numero variabile, mentre uno starnuto ne diffonde circa 100.

Una seconda importante fonte è rappresentata dalla polvere accumulata. Infatti, la polvere di casa è un complesso ecosistema che contiene materiale non vitale, inclusi microrganismi morti, forfora, derivati di artropodi, secreti ed escreti di mammiferi, terriccio, e microrganismi vitali che utilizzano la polvere stessa come materiale nutritivo per il loro accrescimento e riproduzione.

Oltre alla polvere, in teoria ogni altro substrato può essere terreno di coltura per i diversi microrganismi, a patto che si verifichino condizioni di sufficiente disponibilità di acqua. Batteri e funghi, per esempio, utilizzano come substrato per la crescita diversi materiali presenti negli edifici, quali legno, materiale isolante, carta da parati, tappeti, tappezzerie, ecc. Altri importanti serbatoi di contaminanti biologici sono l'acqua ferma, i manufatti tessili per arredamento, i residui di alimenti, le piante ed i rifiuti.

Infine un gruppo importante di possibili sorgenti di microrganismi sono gli umidificatori ed i condizionatori dell'aria, dove l'elevata umidità presente e l'inadeguata manutenzione facilitano l'insediamento e la moltiplicazione dei microrganismi che poi vengono diffusi negli ambienti dall'impianto di distribuzione dell'aria. In particolare diversi studi hanno evidenziato che gli umidificatori di impianti centralizzati sono idonei terreni di coltura per batteri termofili e termoresistenti e serbatoi di endotossine batteriche; anche negli umidificatori domestici è stata riscontrata la presenza di batteri termofili e funghi mesofili. Altri siti che possono costituire serbatoi di contaminanti biologici sono le torri di raffreddamento degli impianti di condizionamento ed anche ai serbatoi e la rete distributiva dell'acqua ad uso domestico.

Le principali patologie causate da agenti biologici comprendono malattie infettive, effetti da azione tossica diretta e reazioni allergiche per esposizione ad allergeni; quest'ultimo gruppo di agenti è molto importante e merita una specifica trattazione.

3.5 - Gli allergeni indoor

I principali allergeni all'interno degli edifici sono dovuti solitamente agli acari, agli animali domestici e a microrganismi come funghi e batteri. La condizione ambientale che ne favorisce la crescita è l'elevata umidità, dell'aria e delle murature.

3.5.1 - Acari

Da oltre vent'anni è stato identificato il ruolo degli acari della famiglia Pyroglyphidae come la più importante fonte di allergeni all'interno degli edifici; soprattutto le specie: *Dermatophagoides pteronyssinus*, *D. farinae*, *D. microceras*, e *Euroglyphus maynei*; più recentemente sono stati caratterizzati i loro maggiori allergeni: Der p I, Der p II, Der f I, Der f II, Der m I e Der m II; Der p I, Der f I e Der m I sono stati riconosciuti come allergeni fecali; in particolare, nelle feci degli acari si trovano notevoli concentrazioni di Der p I (6). Le particelle fecali degli acari hanno dimensioni di circa 25 µm, ma possono sbriciolarsi in particelle più minute, inalabili.

Gli acari vivono nella polvere, ma per il loro sviluppo sono necessarie, come si è detto, condizioni di elevata umidità, anche a medie temperature; Per il *D. pteronyssinus* le condizioni ottimali sono 25°C e umidità relativa 70-80%, ma diventano abbondanti già quando l'umidità relativa interna supera il 65% per alcune settimane e la temperatura supera i 22°C e, perciò, nei nostri climi la loro presenza raggiunge il culmine alla fine dell'estate. Per contro si è dimostrato sufficiente mantenere l'umidità relativa all'interno della casa su valori inferiori al 45%, per un periodo di almeno un mese all'anno, per limitare la crescita di questi artropodi, che anche per questo, in generale non proliferano in alta montagna. Il *D. farinae* predomina nelle zone in cui vi è un periodo prolungato (oltre tre mesi) di clima secco.

Negli ambienti, il numero di acari può arrivare a oltre 1000/g di polvere; predominano negli imbottiti e, per quanto riguarda i prodotti di finitura, nelle moquettes che rilasciano lentamente l'acqua assorbita e che mantengono l'umidità ambientale a livelli più alti, ma è sbagliato credere che sia sufficiente sostituire questo rivestimento con altri - compatti e lavabili - per eliminare gli acari, perché polvere e umidità ambientale elevata possono essere causati anche da altri elementi e caratteristiche costruttive. In generale vengono considerati come elementi di incidenza: la porosità e la friabilità dei materiali e il loro contenuto di umidità (a causa dell'umidità trattenuta gli imbottiti costituiscono un ricovero per gli acari), ogni profilatura orizzontale, mensola o controsoffitto; lo zoccolino avvitato o inchiodato e il pavimento sopraelevato.

Il provvedimento che offre i migliori risultati per la prevenzione della colonizzazione degli acari e l'isolamento degli stessi rispetto al paziente è l'impiego di rivestimenti adatti (fodere) per materassi e cuscini. Il tessuto del rivestimento deve essere di porosità nulla o tale da impedire il passaggio dell'acaro o delle sue particelle fecali. Questa misura va accompagnata dal trattamento periodico delle coperte, piumini, lenzuola e quant'altro a temperature superiori ai 70 °C. Risulta inoltre fondamentale l'eliminazione dall'ambiente domestico di tutti gli oggetti (tappeti, moquette che possono raccogliere polvere e favorire la crescita degli acari). Gli arredi devono essere facilmente lavabili e vanno preferiti i divani in pelle a quelli in stoffa.

Per quanto riguarda i rimedi, molte tecniche esistenti (p.es.: gli acaricidi o i materiali costituenti barriera sui cuscini e sugli arredi) richiedono circa 6 mesi per avere effetto e, anche quando questo si verifica, è spesso temporaneo e dipende dal comportamento degli occupanti; invece gli interventi sull'umidità e sulla pulizia dell'aria e degli ambienti sembrano sortire risultati efficaci e permanenti.

Il controllo dell'umidità ambientale, accompagnato da ventilazione e pulizia è stato sperimentato in Danimarca e ripetuto dal British Research Establishment (7) (Tabella 3.9), verificando i seguenti eventi:

- l'installazione di un sistema di ventilazione meccanica in una casa ne incrementa i ratei di ricambio dell'aria e riduce l'umidità interna sotto il livello critico (U.R.<45%), abbastanza a lungo da far morire gli acari presenti;

- gli acari non hanno tempo di ripopolarsi durante i più umidi mesi estivi e ciò porta a una riduzione del livello di allergeni; gli allergeni esistenti vengono rimossi da un aspirapolvere centralizzato a elevata efficienza (gli aspirapolvere comuni hanno effetto più dannoso che benefico perchè non trattengono tutta la polvere aspirata e miniaturizzano quella espulsa, rendendola inalabile). La pulizia manuale, integrativa, è effettuata con un panno umido.

Tabella 3.9 - Numero di acari/m² di moquette, in relazione al trattamento effettuato (*) (7)

Acari nella moquette delle camere (**) (acari/m ²)	Ventilazione meccanica + aspirapolvere	Solo ventilazione meccanica (***)	Solo aspirapolvere	Nessun intervento
Valore medio	797	845	1726	1073
minimo-massimo	42-2291	59-2581	59-7500	38-3710

(*) Il campione è costituito da 40 edifici, situati nel Southampton, abitati da soggetti asmatici, bambini e adulti. Le case sono suddivise secondo quattro gruppi soggetti ai diversi interventi sopra indicati:

(**) Sono state rilevate anche le concentrazioni di formaldeide e di VOC prima e dopo l'intervento, usando diffuse tecniche di campionatura. I risultati ottenuti hanno dimostrato anche una discreta riduzione della formaldeide correlata col sistema di ventilazione.

(***) Il sistema di ventilazione meccanica con recupero di calore (MVHR) è stato installato al piano superiore delle case e progettato per fornire un apporto di aria esterna di 6-8 l/s (secondo la dimensione degli ambienti); gli abitanti sono stati invitati a non aprire mai le finestre durante l'inverno.

Tabella 3.10 - Concentrazione di acari in relazione al sistema di riscaldamento (n. individui/100 cm²)

Luogo	Riscaldamento a pavim.	Radiatore a parete
Soggiorno (moquette)	2,6 - 6,2	24 - 29
Soggiorno (divano)	18 - 26	48 - 100
Camera (moquette)	31 - 38	42 - 65
Camera (materasso)	6,4 - 10,2	37 - 67

Anche mediante l'impianto di riscaldamento, infine, è possibile ridurre la concentrazione di acari: i caloriferi tradizionali, fissi a parete danno la prestazione peggiore perché accumulano polvere e poi

la diffondono, con i moti convettivi dell'aria; inoltre non sembrano in grado di asciugare completamente gli strati di pavimentazione e gli imbottiti. Per quanto concerne la polvere, possono essere sostituiti con modelli a camere tubolari distanziate o con apparecchi ribaltabili dalla parete. Ma un intervento veramente radicale consiste nel sostituirli - dove possibile - con pannelli radianti a pavimento (a media temperatura: 30-35°C) che deumidificano sia lo strato di pavimentazione, sia gli imbottiti (materassi, poltrone) creando condizioni di invivibilità per questi artropodi (Tabella 3.10).

3.5.2 - Gli allergeni degli animali domestici

Gli allergeni prodotti dagli animali domestici sono presenti nei peli, nella forfora, nella saliva e nell'urina.

Il principale allergene del gatto (Fel d I) è contenuto nella forfora ed è diffuso nell'aria da particelle di 1-10 µm di diametro. Nelle case dove vi è almeno un gatto la concentrazione di allergeni nell'aria varia da 250 a 1140 ng/m³.

Il principale allergene del cane è il Can f I. Nelle case dove il cane è presente la concentrazione supera i 10 µg/g polvere (1).

I biocontaminanti prodotti da animali domestici sono facilmente trasportabili dalle persone (tramite gli indumenti), pertanto si diffondono anche in ambienti in cui solitamente non ci sono animali. Negli ambienti in cui questi sono vissuti, dopo il loro allontanamento ci vogliono sei mesi per riportare i livelli di concentrazione ai valori delle case in cui l'animale non è presente.

Per mantenerne la concentrazione di allergeni al di sotto di 8 µg/g di polvere (che provoca fenomeni asmatici, mentre la concentrazione di soglia che si ritiene rappresenti un rischio per lo sviluppo di anticorpi IgE è 2 µg/g di polvere), dove l'animale non è presente, si possono usare i depuratori d'aria che riescono ad avere un discreto effetto, purchè il pavimento non sia rivestito di moquette (2) (Tabella 3.11). Infatti, una porzione significativa del principale allergene del gatto (Fel d I) e del cane è associata con particelle < 2,5 µm e quindi rimane facilmente sospesa a lungo nell'aria, in condizioni indisturbate.

Tabella 3.11 - Rimozione di Fel d I, per effetto di un depuratore d'aria (2)

Condizioni della prova (*)	Percentuale di allergeni Fel d I rimossi dall'aria ambiente
Ambiente con pavimento in moquette	7%
Ambiente senza moquette	56%
Senza moquette, rateo di trattamento dell'aria: 400 m ³ /h	67%
Senza moquette, rateo di trattamento dell'aria: 200 m ³ /h	33%

(*) La prova è stata effettuata dopo aver inserito un gatto nell'ambiente per 70 giorni. Le misurazioni sulle concentrazioni sono state eseguite dopo che il gatto è stato allontanato e dopo 2 ore di funzionamento dell'apparecchio, dotato di filtro HEPA (High-efficiency particulate air, cfr. § seguente)

In generale, comunque, l'ammontare di allergeni in sospensione nell'aria interna, rilasciati da acari o dagli animali domestici è relativamente ridotto in relazione all'enorme riserva presente negli arredi e nelle eventuali moquettes. Per questa ragione non ci si può attendere un impatto significativo sul livello degli allergeni, né da depuratori portatili, né da sistemi centralizzati.

3.5.3 - Muffe e Funghi

Errori di costruzione o di manutenzione degli edifici possono comportare alti livelli di umidità negli

elementi costruttivi (U.R. >55%) e nell'aria interna (U.R.>65%); l'umidità, oltre a favorire - come si è visto - la riproduzione degli acari, causa la formazione e la proliferazione di funghi e di altri microorganismi. Il ruolo che l'esposizione ai funghi, nelle case, svolge nello sviluppo di sintomi respiratori è meno chiaro che per gli acari, ma vi è una discreta evidenza epidemiologica riguardo la frequenza di disturbi respiratori in bambini e adulti in associazione con la presenza di umidità in edifici contemporanei.

Si sono riscontrate correlazioni tra alveolite allergica e funghi provocati da umidità risalente dalle fondazioni. Sono stati evidenziati come causa di questo disturbo anche gli Attinomiceti termofili derivati dalla contaminazione di impianti domestici di aria condizionata. Una malattia meno conosciuta, fortunatamente rara, è correlabile alle micotossine prodotte da organismi come lo *Stachybotris Atra* e il *Penicillium brevicompactum*. Queste micotossine inducono una malattia multisistemica, difficilmente diagnosticabile sinché non è chiaro che questa è correlata all'edificio. Le muffe stagionali presenti nell'aria esterna, come *Cladosporium* e *Alternaria*, sempre ritrovate sulle murature umide, sono associate all'asma; altre tipiche muffe presenti all'interno sono la nota *Penicillium* e l'*Aspergillus* che può dar luogo a vari problemi di salute quali l'asma e le infezioni nei soggetti immunodeficienti. Alcune muffe producono composti organici volatili (VOC) che sono rilevanti nella comparsa dei sintomi da Sick Building Syndrome.

La fonte principale di spore fungine e batteri è l'aria esterna. Le particelle biologiche penetrano all'interno dell'edificio nel medesimo modo delle altre e vengono rimosse per filtrazione e impatto sulle condotte di eventuali impianti di aria condizionata e sulle superfici di arredi e pareti. Così, la concentrazione di inquinanti biologici negli spazi occupati di un edificio dipende dalla quantità e dalla dimensione delle particelle aerodisperse all'esterno, dalla sigillatura dell'edificio, dal livello di filtrazione, dalla distanza, dal numero e dal tipo di ostacoli che il flusso d'aria incontra tra l'ingresso nella struttura dell'edificio e l'ingresso negli spazi occupati.

Le particelle biologiche accumulate sulle superfici dove si incastrano o si depositano (filtri, superfici delle condotte, superfici dei diffusori e superfici negli spazi occupati) hanno il medesimo potenziale di aerosolizzazione delle polveri di origine minerale; differiscono soltanto per la loro attività biologica (vitalità, capacità di sopravvivenza, antigenicità, tossicità) che può cambiare nel tempo e per il fatto che alcune possono accrescersi sulle superfici di impatto, se trovano le condizioni favorevoli.

Gli apparati per la pulizia dell'aria, proprio perché operano sugli inquinanti aerodispersi, possono diventare fonte di inquinamento a causa dei funghi trattenuti sui filtri o dei batteri alimentati dalle riserve di acqua: i batteri, che crescono meglio nell'acqua abbondante, dominano la popolazione microbica nelle bacinelle di acqua stagnante; molti funghi, invece, che richiedono ossigeno gassoso, preferiscono depositarsi e riprodursi su filtri e condotte. Le colonie di funghi evidenziate sui filtri interni appartengono in genere alle seguenti specie, delle quali è conosciuto il potenziale allergico: *Cladosporium spec.*, *Penicillium spec.*, *Potrytis spec.*, *Aspergillus spec.*, *Fusarium spec.* (in ordine decrescente di presenza, dall'80% del *Cladosporium*, all'1% del *Fusarium*). Le griglie delle prese dell'aria esterna possono essere contaminate da escrementi o penne di volatili che contengono funghi patogenici quali *Cryptococcus neoformans*. Spesso sono contaminate da *Aspergillus fumigatus*.

Pertanto, i principali criteri da assumere nella scelta, progettazione, installazione di un qualsivoglia impianto di climatizzazione o di trattamento dell'aria riguardano soprattutto la possibilità di una facile pulizia/manutenzione di tutte le parti a rischio e l'alta efficienza della filtrazione. In ambienti destinati a soggetti allergici, inoltre, se l'impianto funziona con aria di ricircolo, si suggerisce l'aggiunta di filtri immediatamente dietro la presa d'aria dagli ambienti. Tali filtri sono utili per rimuovere gas (NO_2 , SO_2 e Ozono), contaminanti microbiologici, allergeni, odori e polveri. Essi

sono necessari con impianti di difficile pulizia e possono anche prevenire la contaminazione delle condotte dell'aria quando l'impianto è chiuso.

Per quanto riguarda il rischio di inquinamento batterico, è opportuno che gli eventuali bacini d'acqua dell'apparato umidificatore/ deumidificatore e le vaschette di raccolta dell'acqua di condensa non siano a contatto con l'aria-ambiente (2). E' anche importante considerare i movimenti indotti nell'aria per evitare sia le correnti fredde, sia le buffate di polvere.

I piccoli apparecchi domestici e mobili, in particolare, devono essere scelti con attenzione e controllati e puliti con assiduità.

I climatizzatori portatili, per esempio, (come gli umidificatori e i deumidificatori), possono rappresentare un rischio per i soggetti allergici, a causa delle riserve di acqua stagnante, vere colture batteriche. In particolare, in questi apparecchi, l'acqua di condensa derivante dall'abbattimento della temperatura dell'aria viene raccolta in bacinelle aperte oppure evaporata insieme all'aria stessa. Più sicuri a questo riguardo sono i cosiddetti “split” (piccoli climatizzatori fissi da parete o soffitto, supportati da un'unità esterna) che, oltre a essere dotati - opzionalmente - di un apparato purificatore (filtri ad alta efficienza + filtri elettrostatici + ionizzatore), smaltiscono nell'unità esterna l'acqua di condensa, raccolta in una vaschetta imputrescibile di materiale plastico.

Più semplici sono i depuratori d'aria che non regolano il microclima, ma possono recare un discreto contributo alla qualità dell'aria, purchè dotati di filtri che trattengano anche le particelle inalabili, con diametro < 2 µm; commercialmente tali specifici apparati, che hanno il vantaggio di non avere riserve d'acqua, vengono definiti “disinquinatori”.

I disinquinatori d'aria, in generale sono costituiti da: 1) un filtro meccanico (asportabile e lavabile) che trattiene le polveri più grossolane; 2) un filtro elettrostatico (anch'esso lavabile) che carica positivamente e fa depositare le particelle più piccole, fumo, pollini e polveri passate oltre il primo filtro; 3) un filtro a carbone attivato che assorbe gas e odori (deve essere sostituito ogni 60-90 gg). I modelli più efficaci sono dotati anche di: 4) lampada germicida per l'inattivazione di virus, spore, muffe e funghi depositati sui filtri, 5) elettrodo ionizzatore che genera ioni negativi. Negli apparecchi più sofisticati il filtro meccanico è del tipo HEPA (High-efficiency particulate air) costituito da un tessuto molto compatto di fibre di vetro, racchiuso in un involucro cartonato e pieghettato per aumentarne la superficie filtrante. Tale filtro può rimuovere il 99,97% delle particelle non inferiori a 0,3 µm. Il filtro HEPA è virtualmente esente da manutenzione per oltre un anno (con vita di 2-3 anni).

3.5.4 - Crescita dei microrganismi nei materiali da costruzione

La crescita microbiologica nei materiali da costruzione è favorita dalla presenza di cibo e di acqua. Le fonti di cibo negli edifici includono depositi (morti) di materiale organico (particelle esterne ed interne di materiale organico, forfora, prodotti da combustione; materiali da costruzione, specialmente quelli composti da carboidrati digeribili, come i materiali naturali: pannelli e tappezzerie (cellulosa), colle (zuccheri), prodotti di legno (lignina), moquette, tessuti (cheratina dalla lana, cellulosa da cotone e juta) e alcune plastiche, resine e altri leganti.

Le fonti di acqua nelle costruzioni comprendono - oltre agli eventuali bacini di acqua - le acque infiltrate (perdite, allagamenti), le acque di condensa e il vapor acqueo. La quantità di acqua necessaria dipende dal tipo di microrganismo e dal tipo di substrato. Alcune specie fungine iniziano a germinare dove l'umidità relativa dell'aria è al di sopra del 65%, ma è molto importante come il

materiale di supporto assorbe e rilascia l'acqua. Se l'acqua viene rilasciata rapidamente (entro minuti), sono necessarie condizioni costantemente elevate di umidità ambientale perché si abbia crescita di funghi; se l'acqua è rilasciata lentamente, anche quando l'umidità ambientale scende, l'umidità effettiva nell'immediata vicinanza del substrato rimane alta e la crescita avviene comunque.

Un altro fattore concomitante è la temperatura. In generale si può dire che, nei climi temperati, d'inverno, quando l'umidità relativa interna è bassa e la temperatura è alta in relazione all'esterno, la crescita di funghi è più probabilmente correlata con fenomeni di condensa sulle superfici fredde; durante la stagione estiva, quando l'umidità interna è alta e la temperatura è più bassa che all'esterno, la crescita dei funghi può verificarsi su ogni superficie, in presenza di substrati appropriati.

I principi della prevenzione sono allora abbastanza evidenti: d'inverno bisogna evitare la condensa eliminando l'umidità direttamente alle sorgenti (ventilazione meccanica o forzata di bagni e cucine), provvedendo al ricambio dell'aria (con aria esterna) in modo da mantenere l'umidità relativa bassa e, infine, isolando le pareti in modo da non avere superfici troppo fredde; d'estate l'umidità ambientale deve essere tenuta bassa mediante deumidificazione e, specialmente nei climi molto umidi, devono essere scelti materiali che rilascino rapidamente l'umidità assorbita.

Riguardo ai rimedi, questi sono attuabili osservando come la crescita microbiologica si manifesta nell'utilizzazione del substrato dei materiali: se gli organismi utilizzano frammenti di pelle o altri materiali depositati sulla superficie, la loro crescita, così come la fonte di cibo, può essere lavata via. Invece, se il fungo, per accrescersi, usa il materiale da costruzione, l'elemento deve essere cambiato. Per esempio i funghi che crescono sulle piastrelle del bagno, di solito, utilizzano per cibo la pellicola di sapone e possono essere eliminati lavandoli (con candeggina o alcool metilico); i funghi che crescono sulla tappezzeria, invece, usano la cellulosa o la colla e la tappezzeria deve essere rimossa. In generale le superfici non porose, come le condotte di metallo e i mobili di legno, possono essere ripulite e riusate, infatti la concentrazione di muffe sulle superfici metalliche può essere ridotta a livelli non rilevabili mediante aspirazione e pulizia con strofinaccio umido; invece rivestimenti e arredi come moquettes, imbottiti e tendaggi, se sono contaminati in modo visibile dalle muffe, devono essere eliminati. Materiali isolanti e imbottiti, sebbene non visibilmente affetti, possono nascondere muffe presumibilmente entrate attraverso il rivestimento e riconoscibili dall'odore; in questi casi la ripetuta aspirazione non ne abbassa la concentrazione ed è necessaria l'eliminazione del manufatto.

All'atto della rimozione dei materiali contaminati (tessuti, rivestimenti, lastre di gesso, laterizi), è necessario tenere conto dell'enorme potenziale di dispersione nell'aria delle spore (fino a 10^7 UFC/m³ di aria); pertanto è opportuno adottare protezioni (maschere) per gli operatori e schermature per le zone dell'operazione, soprattutto se le muffe sono del tipo *Stachybotrys atra*. Quando l'estensione delle muffe visibili sulle superfici interne è molto meno di 3 m², la rimozione del materiale o la raschiatura della muffa possono essere condotte personalmente utilizzando disinfettanti, piccole schermature e mascherine. Se una muffa visibile è confinata in circa il 10% della superficie di una parete in una piccola stanza la protezione della zona operativa è facilmente ottenibile chiudendo porte e finestre.

3.5.5 -Allergeni outdoor

Va infine ricordato che negli ambienti indoor, nei periodi stagionali, si possono accumulare quantità

non indifferenti di allergeni outdoor (es. pollini) in grado di persistere a lungo nell'ambiente se non viene praticata una frequente pulizia con aspiratori e panno bagnato, come già indicato per gli altri allergeni più propriamente definiti indoor.

3.6 - Valutazione della esposizione personale in vari ambienti indoor

Esistono ancora incertezze circa l'entità degli effetti dovuti all'esposizione ad inquinanti ambientali sulla salute dell'uomo. Un aspetto particolarmente importante è la corretta valutazione dell'esposizione: infatti, se questa viene valutata in modo incompleto o con un approccio errato la successiva procedura di valutazione dei rischi per la salute risulta errata. Una valutazione corretta necessita della caratterizzazione dell'esposizione personale complessiva ad agenti aerodispersi che tenga conto sia dell'esposizione negli ambienti confinati (indoor) che dell'esposizione che si verifica all'esterno (outdoor); tale approccio consente, rispetto al semplice monitoraggio ambientale, di misurare l'effettiva esposizione delle persone e di individuare le sorgenti di inquinanti che maggiormente possono influenzare la salute della popolazione. Poche ricerche hanno finora affrontato in maniera completa questi temi; un esempio di particolare interesse è lo studio promosso dalla Environmental Protection Agency (EPA) denominato Total Exposure Assessment Methodology - TEAM.

Per quanto concerne l'ambito nazionale, si segnala che la sezione di Tossicologia Ambientale del Dipartimento di Medicina del Lavoro dell'Università degli studi di Milano ha recentemente completato uno studio, condotto con il supporto di Fondazione Lombardia per l'Ambiente, il cui scopo principale è stato la valutazione dell'esposizione personale nell'arco delle 24 ore a inquinanti aerodispersi in lavoratori d'ufficio, con determinazione del ruolo dell'esposizione dell'ambiente di lavoro, dell'abitazione e dell'esterno (1).

In questo studio sono stati selezionati 100 soggetti di età compresa tra 18 e 60 anni, addetti a lavoro d'ufficio con sede lavorativa in edifici siti nel centro di Milano e con residenza nell'area metropolitana milanese. I soggetti sono stati contattati preliminarmente mediante lettera informativa nella quale erano indicati lo scopo e le modalità dello studio.⁹ Il gruppo indagato presenta le seguenti caratteristiche: 50 maschi e 50 femmine, 69 non-fumatori e 31 fumatori, età media 37 ± 9.8 anni.

Sono state effettuate due campagne di monitoraggio: 50 soggetti sono stati studiati durante il periodo estivo e gli altri 50 durante il periodo invernale. Gli inquinanti monitorati sono stati il particolato aerodisperso con diametro aerodinamico inferiore a $10 \mu\text{m}$ (PM_{10}), il monossido di carbonio (CO) e composti organici volatili totali (TVOC) e singoli (ad esempio il benzene). Ogni soggetto è stato monitorato per una intera giornata mediante campionamento personale frazionato in più fasi corrispondenti alla permanenza nei vari ambienti di vita (ufficio, abitazione, tragitti abitazione-ufficio e viceversa). Integrando il livello di esposizione del singolo ambiente con il tempo di permanenza nello stesso è stata calcolata l'esposizione media ponderata giornaliera per ciascun inquinante; è stato inoltre determinato il contributo di ogni ambiente rispetto alla esposizione giornaliera complessiva. Ogni soggetto ha compilato: un diario per il dettaglio delle attività svolte nella giornata dell'indagine; una scheda standardizzata per il rilievo delle caratteristiche degli ambienti e dei mezzi di trasporto frequentati; un questionario per il rilievo di alterazioni del comfort e di effetti sulla salute (percezione delle condizioni ambientali, sintomi irritativi a carico delle prime vie aeree e mucose oculari).

Dal diario giornaliero delle attività è risultato che mediamente i soggetti hanno trascorso il 59% del loro tempo presso l'abitazione, il 35% nel luogo di lavoro ed il 6% in trasferimenti.

Nelle tabella 3.12 sono riportate rispettivamente le concentrazioni di PM_{10} , CO, TVOC e benzene misurate nei diversi ambienti ed i livelli di esposizione personale giornaliera. In tabella 3.13 vengono invece riportati per ogni inquinante il ruolo svolto da ogni ambiente sulla esposizione complessiva giornaliera.

Tabella 3.12 - Livelli di esposizione personale giornaliera e nei diversi ambienti di vita di soggetti residenti in Milano

Inquinante	Trasferimento Ab/Uff	Ufficio	Trasferimento Uff/Ab	Abitazione	Media 24 h
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	376 (*)	109	(*)	68	98,5
CO (ppm)	4,0	2,0	2,5	2,0	2,1
TVOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	431	609	481	337	486
Benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	22	26	19	23,5	26,5

(*) Livello relativo ai trasferimenti nel loro insieme

Tabella 3.13 - Contributo percentuale di ogni ambiente all'esposizione personale giornaliera

Inquinante	Abitazione	Ufficio	Trasferimenti
PM10	46,3	34	19,7
CO	58,2	31,6	10,2
TVOC	42,6	44	13,4
Benzene	52	43	6

Per quanto concerne il PM₁₀, il valore mediano di esposizione giornaliera è risultato pari a 98.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (estremi 14.9-742.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Per quanto concerne i singoli ambienti, i valori di gruppo più elevati sono stati riscontrati durante i tragitti (valore mediano 376 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). I comparti indoor

abitazione ed ufficio sono risultati determinare la porzione prevalente di esposizione a tale inquinante (rispettivamente 46.3% e 34%), mentre i tragitti solo il 19.7%. Si segnala che: l'esposizione giornaliera è risultata significativamente superiore nel periodo invernale rispetto al periodo estivo (valori mediani rispettivamente 122.1 e 78.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) per la presenza nel periodo invernale di livelli significativamente più elevati in tutti gli ambienti; negli uffici i livelli di PM_{10} sono risultati superiori in quelli con più di un occupante rispetto a quelli con un solo occupante (valori mediani rispettivamente 113 e 98.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ed in quelli con elevata quantità di carta in vista rispetto a quelli con bassa quantità di carta in vista (valori mediani rispettivamente 116 e 105.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$); nelle abitazioni i livelli di PM_{10} sono risultati superiori in quelle con più di un occupante rispetto a quelle con un solo occupante (valori mediani rispettivamente 73 e 57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ed in quelle in cui si era fumato rispetto a quelle in cui non si era fumato (valori mediani rispettivamente 75 e 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Durante i tragitti l'esposizione personale a PM_{10} è risultata significativamente maggiore nei soggetti che avevano utilizzato il tram o la metropolitana rispetto a quelli che avevano utilizzato l'automobile (valori mediani rispettivamente 410, 314 e 184 $\mu\text{g}/\text{m}^3$); tale dato appare attribuibile alla dispersione di particolato che si viene a creare nei mezzi pubblici di trasporto per la elevata presenza di persone che muovendosi sollevano le particelle più leggere e per la scarsa pulizia di questi mezzi. Infine si segnala che per quanto concerne gli effetti a breve termine studiati con il questionario, si sono osservate associazioni tra i livelli rilevati nelle abitazioni e durante i tragitti, e la frequenza di sintomi di irritazione delle mucose riferiti dai soggetti.

L'esposizione giornaliera a CO è risultata pari a 2.1 ppm (estremi 0.7-4.8 ppm); nessun soggetto ha evidenziato una esposizione giornaliera superiore al valore limite di 10 ppm/8h proposto dall'Ufficio Regionale Europeo della Organizzazione Mondiale della Sanità (12).. I valori di gruppo più elevati sono stati riscontrati durante i tragitti (valori mediani 4 e 2.5 ppm). Anche per questo inquinante i comparti indoor abitazione ed ufficio sono risultati determinare la porzione prevalente di esposizione (rispettivamente 58.2% e 31.6%), mentre il contributo dei tragitti è pari al 10.2%. Si segnala che: l'esposizione giornaliera è risultata significativamente superiore nel periodo invernale rispetto al periodo estivo (valori mediani rispettivamente 2.4 e 1.8 ppm) per la presenza nel periodo invernale di livelli significativamente più elevati nelle abitazioni; durante i tragitti l'esposizione personale è risultata significativamente più elevata nei soggetti che avevano utilizzato l'automobile (valore mediano 5.9 ppm) rispetto a quelli che avevano utilizzato il tram o la metropolitana (valori mediani rispettivamente 3.3 e 2.8 ppm).

L'esposizione personale giornaliera a TVOC è risultata pari a 486 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (estremi 274-1806.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$); si è osservato un superamento del valore guida attualmente proposto di 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (4,6) nel 94.3% dei casi e di 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 6.8% dei casi. I valori di gruppo più elevati sono stati riscontrati negli uffici (valore mediano 609 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) che risultano determinare la porzione prevalente di esposizione (44%), mentre l'abitazione il 42.6% ed i tragitti il 13.4%. Si segnala che: l'esposizione giornaliera è risultata significativamente superiore nel periodo invernale rispetto al periodo estivo (valori mediani rispettivamente 530 e 440.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) per la presenza di livelli invernali significativamente più elevati in tutti gli ambienti; negli uffici i livelli di TVOC sono risultati superiori in quelli con ventilazione meccanica rispetto a quelli con ventilazione naturale (valori mediani rispettivamente 685 e 575.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), in quelli con presenza di fotocopiatrici rispetto a quelli senza fotocopiatrici (valori mediani rispettivamente 844 e 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ed in quelli con recente uso di prodotti per la pulizia rispetto a quelli senza uso recente di prodotti (valori mediani rispettivamente 718 e 604 $\mu\text{g}/\text{m}^3$); nelle abitazioni i livelli di TVOC sono risultati lievemente superiori in quelle con presenza di fumatori rispetto a quelle senza presenza di fumatori (valori mediani rispettivamente 353 e 337 $\mu\text{g}/\text{m}^3$); durante i tragitti l'esposizione a TVOC è risultata significativamente maggiore nei soggetti che avevano utilizzato l'automobile rispetto a quelli che avevano utilizzato il tram o la metropolitana (valori mediani rispettivamente 1308, 381 e 689

$\mu\text{g}/\text{m}^3$).

L'esposizione personale giornaliera a Benzene è risultata pari a $26.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (estremi $1-91 \mu\text{g}/\text{m}^3$); si è osservato nel 75% dei casi il superamento del livello di $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ che corrisponde al valore guida che era proposto dal DM del Ministero dell'Ambiente come obiettivo di qualità per l'aria esterna nel periodo oggetto dell'indagine. I valori di gruppo più elevati sono stati riscontrati negli uffici (valore mediano $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$); la porzione prevalente dell'esposizione è risultata relativa alla permanenza nelle abitazioni (52.4%), mentre nell'ufficio è risultata pari al 42.8% e durante i tragitti al 4.7%. Si segnala che: l'esposizione giornaliera è risultata significativamente superiore nel periodo estivo rispetto al periodo invernale (valori mediani rispettivamente 32.7 e $22.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) per la presenza di livelli indoor significativamente più elevati in estate rispetto all'inverno; negli uffici i livelli di benzene sono risultati superiori in quelli con ventilazione meccanica rispetto a quelli con ventilazione naturale (valori mediani rispettivamente 28 e $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$), in quelli con presenza di stampanti rispetto a quelli senza stampanti (valori mediani rispettivamente 28.5 e $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ed in quelli con presenza di fumatori rispetto a quelli senza fumatori (valori mediani rispettivamente 37 e $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$); nelle abitazioni i livelli di benzene sono risultati superiori in quelli con presenza di fumatori rispetto a quelli senza fumatori (valori mediani rispettivamente 30 e $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$); durante i tragitti l'esposizione a benzene è risultata significativamente maggiore nei soggetti che avevano utilizzato l'automobile rispetto a quelli che avevano utilizzato il tram o la metropolitana (valori mediani rispettivamente 77 , 20.2 e $12.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

I valori di esposizione personale rilevati in questo gruppo selezionato di soggetti appare essere sufficientemente rappresentativo dell'esposizione dei soggetti residenti in Milano addetti a lavoro d'ufficio mentre l'estensione dei risultati alla popolazione generale urbana può essere fatta solo con estrema cautela. Questi risultati saranno estesi con quelli del progetto EXPOLIS al quale Milano partecipa con altre cinque città europee: Atene, Basilea, Grenoble, Helsinki e Praga (Studio condotto nell'ambito di EU 1995-1999 Research on environment programme).

I dati sopra riportati consentono di esprimere alcune considerazioni sulla qualità dell'aria degli ambienti confinati:

- viene confermato che i comparti indoor abitazione ed ufficio sono risultati determinare la porzione prevalente dell'esposizione personale dei lavoratori d'ufficio ai vari inquinanti indagati;
- l'esposizione a PM_{10} , alla luce delle recenti indicazioni dell'Ufficio Regionale Europeo della Organizzazione Mondiale della Sanità che ha indicato che per il PM non è possibile stabilire dei limiti di riferimento in quanto già l'esposizione prolungata a dosi di particolato a partire da $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ determina un aumento di rischio per patologie croniche (7), è risultata di interesse per quanto concerne i possibili effetti sulla salute di tipo cronico. Per quanto concerne gli effetti a breve termine, si sono osservate associazioni tra i livelli rilevati nelle abitazioni e durante i tragitti, e sintomi di irritazione delle mucose. Si segnala che sono stati rilevati livelli particolarmente elevati durante i tragitti in tram e metropolitana;
- l'esposizione a TVOC ed a benzene è risultata di interesse per quanto concerne gli effetti sulla salute. I livelli di questi composti sono risultati associati in particolare con il fumo di sigaretta, con alcune caratteristiche degli uffici e con l'uso dell'automobile.

Vengono, infine, forniti alcuni spunti per lo sviluppo della ricerca scientifica concernente l'inquinamento degli ambienti confinati:

- Sviluppo di sistemi di monitoraggio ambientale e personale: assai importante per la ricerca

epidemiologica si è rivelato l'uso di monitori portatili. Attualmente si cerca di integrare, con opportune metodologie statistiche, le rilevazioni ottenute all'esterno delle abitazioni con le rilevazioni "indoor" mediante campionatori fissi e portatili (di tipo personale). Integrando tali rilevazioni con i dati acquisiti per mezzo di specifici questionari, dovrebbe essere possibile giungere ad una più valida determinazione dell'esposizione personale.

- Campagne di monitoraggio in ambienti di vita extradomestici (scuole, treni, aerei).

3.7 - Bibliografia

Bibliografia paragrafo 3.2.1 (Ossidi di azoto)

1. Basu M., Berglund M., Norberg S., Pershagen G. (1993): "NO₂ exposure before and after a traffic diversion. Personal measures of nitrogen dioxide using passive diffusive monitors", MME Report no. 24, Karolinska Institute, Department of Environmental Medicine, Stockholm.
2. Berglund M. (1993): "Exposure", in: Health risk evaluation of nitrogen oxides, Berglund et al., eds., Scand J. Work Environ. Health, 19, suppl. 2, 14-20.
3. Bostrom C-E. (1993): "Nitrogen oxides in ambient air - properties, sources and concentrations", in: Health risk evaluation of nitrogen oxides, Berglund et al., eds., Scand J. Work Environ. Health, 19, suppl. 2, 9-13.
4. Carrozzi L, Angino A, Simoni M et al. Pisa epidemiological study on indoor pollution: study design and effects on acute respiratory symptoms. Eur Respir J 1996;9:419s.
5. Carrozzi L, Viegi G, Angino A et al. Acute respiratory effects of indoor pollution in the Pisa epidemiological study. Am J Respir Crit Care Med 1995; 151: 360a.
6. CCTN (Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale) (1997). "Parere sui Criteri di Qualità dell'Aria nell'Ambiente esterno", Roma 8 maggio 1997, Serie Pareri 1997, ISS.
7. CEC (1989): Indoor Pollution by NO₂ in European Countries. European Concerted Action, Indoor Air Quality and Its Impact on Man, COST Project 613, Report N. 3, EUR 12219 EN, Luxembourg.
8. Fusco D., Forastiere F., Michelozzi P. Spadea T. e Perucci C.A. (1998): "Effetti acuti dell'inquinamento atmosferico: qualità dell'aria e ricoveri ospedalieri per cause cardiovascolari e respiratorie a Roma, 1995-1997", Regione Lazio, Asses. Salvaguardia e Cura della Salute, Roma.
9. IPCS-WHO (1997): "Nitrogen Oxides (second edition)", Environmental Health Criteria 188, WHO, Geneva.
10. Maroni M. (coordinatore) et al. (1996). "La qualità dell'aria a Milano ed i suoi riflessi sulla salute dell'uomo", Ricerca per la Fondazione Lombarda per l'Ambiente, Milano.
11. Michelozzi P., Forastiere F., Fusco D., Perucci C.A., Ostro B., Ancona C. e Pallotti G. (1998): "Air pollution and daily mortality in Rome", Occup. Environ. Med., 55, 605-610.
12. Scogliamiglio A. Effetti respiratori dell'inquinamento domestico. Tesi di laurea Anno Accademico 1996-1997: 1-71.
13. Simoni M, Biavati P, Carrozzi L et al. The Po River Delta (North Italy) Indoor Epidemiological Study: home characteristics, indoor pollutants, and subjects' daily activity pattern. Indoor Air 1998; 8: 70-79.
14. WHO (1996): "Update and Revision of the Air Quality Guidelines for Europe", WHO, Copenhagen.

Bibliografia paragrafo 3.2.2 (Ossidi di zolfo)

1. Maroni M, Seifert B, Lindvall T (eds) (1995): Inorganic pollutants. In: Indoor air quality. Elsevier Science: 22-24.

Bibliografia paragrafo 3.2.3 (Monossido di carbonio)

2. Akland G.G. et al. (1985): Measuring human exposure to carbon monoxide in Washington, D.C., and Denver, Colorado; during the winter of 1982-1983. Environ. Sci. Technol. 19: 911-918.
3. CCTN (Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale) (1997). "Parere sui Criteri di Qualità dell'Aria nell'Ambiente esterno", Roma 8 maggio 1997, Serie Pareri 1997, ISS.
4. IPCS-WHO (1995): Carbon monoxide. Environmental Health Criteria, WHO, Geneva.

Bibliografia paragrafo 3.2.4 (Particolato aerodisperso)

1. Carrozzi L, Angino A, Simoni M et al. Pisa epidemiological study on indoor pollution: study design and effects on acute respiratory symptoms. Eur Respir J 1996; 9:419s.
2. Fusco D., Forastiere F., Michelozzi P. Spadea T. e Perucci C.A. (1998): "Effetti acuti dell'inquinamento atmosferico: qualità dell'aria e ricoveri ospedalieri per cause cardiovascolari e respiratorie a Roma, 1995-1997", Regione Lazio, Asses. Salvaguardia e Cura della Salute, Roma.
3. Maroni M., Carrer P., Cavallo D. (1997): La qualità dell'aria negli uffici. In: Salute e qualità dell'aria negli edifici, Masson ed.: 155-164.
4. Menichini E. (1995): "Campionamento e analisi degli Idrocarburi Policiclici Aromatici nell'aria: Aspetti critici", in F. Valerio et al (eds): "Nell'aria delle città italiane: benzo(a)pirene a 1 ng/m³ nell'anno 2000 ?", Morgan ed. Tecniche, Milano.
5. Michelozzi P., Forastiere F., Fusco D., Perucci C.A., Ostro B., Ancona C. e Pallotti G. (1998): "Air pollution and daily mortality in Rome", Occup. Environ. Med., 55, 605-610.
6. Minoia C. et al. (1997): "La dosimetria individuale nella determinazione della concentrazione di riferimento ambientale del Benzo(a)pirene", in F. Valerio et al (eds): "Nell'aria delle città italiane: benzo(a)pirene a 1 ng/m³ nell'anno 2000 ?", Morgan ed. Tecniche, Milano.
7. Scogliamiglio A. Effetti respiratori dell'inquinamento domestico. Tesi di laurea Anno Accademico 1996-97: 1-71.
8. Simoni M, Biavati P, Carrozzi L et al. The Po River Delta (North Italy) Indoor Epidemiological Study: home characteristics, indoor pollutants, and subjects' daily activity pattern. Indoor Air 1998; 8: 70-79.
9. Venkataraman C. and Friedlander S.K. (1994): "Size distributions of polycyclic aromatic hydrocarbons and elemental carbon. 2. Ambient measurements and effects of atmospheric processes", Environ. Sci. Technol., 28, 563-572.

10. Vigotti M.A. et al. (1995): "Inquinamento atmosferico e mortalità giornaliera nei residenti a Milano, 1980-1989. Risultati preliminari.

Bibliografia paragrafo 3.2.5 (Composti organici volatili)

1. Brown S.K., Sim M.R., Abramson M.J., Gray C.N. (1994): Concentrations of volatile organic compounds in indoor air - A review. *Indoor Air*, 4: 123-134.
2. Brunnemann K.D., Kagan M.R., Cox J.E. and Hoffmann (1989): "Determination of benzene, toluene, and 1,3-butadiene in cigarette smoke by GC-MSD", *Exp. Pathol.*, 37, 108-113.
3. CCTN- Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale (parere espresso nel 1994): "Parere della CCTN riguardante la stima del rischio di leucemia da benzene da emissioni autoveicolari", Serie Relazioni 95/2, ISS, Roma.
4. Hawthorne A.R., Gammage R.B., and Dudney C.S. (1986): "An indoor quality study of 40 East Tennessee homes", *Environ. Int.*, 12, 221-239.
5. IPCS (WHO) (1993): "Environmental Health Criteria 150: Benzene", WHO, Geneva.
6. Lagoudi A., Loizidou M., Bernhard C.A, Knutti R (1995): Identification of Pollution Sources that emit VOCs. In: *Healthy Buildings '95*, Vol.3, pp.1341-1346.
7. Levin H. (1992): Controlling sources of indoor air pollution. In H.Knoppell & P.Wolkoff, *Chemical, Microbiological, Health and Comfort Aspects – State of the Art in SBS*, Kluwer Academic Publishers, EEC, Brussels and Luxembourg, 1992).
8. Maroni M., Carrer P., Cavallo D. (1997): La qualità dell'aria negli uffici. In: *Salute e qualità dell'aria negli edifici*, Masson ed.: 155-164.
9. Porstmann et al. (1994): Benzol un toluol in kinderzimmeren, *Staub Reinhalt. Luft.*,54,147-153.
10. Raashou-Nielsen O., Lohse C., Thomsen B. et al. (1997): "Ambient air levels and the exposure of children to benzene, toluene and xylenes in Denmark", *Environ. Res.* 75, 149-159.
11. US EPA (Us Environmental Protection Agency) (1998): "Benzene", IRIS File on Line, US EPA <http://www.epa.gov/iris/subst/0276.htm>
12. Wallace L.A., Pellizzari E., Leader B., et al. (1987): "Emission of volatile organic compounds from building materials and consumer products", *Athmos. Environ.*, 21(2), 385-393.
13. Wallace L.A. and Pellizzari E.D. (1986): "Personal air exposures and breath concentrations of benzene and other volatile hydrocarbons for smokers and non-smokers", *Tox. Lett.*, 35, 113-116.
14. Wallace L., Nelson W. et al. (1991): "The Los Angeles TEAM Study: Personal exposures, indoor-outdoor air concentrations, and breath concentrations of 25 volatile organic compounds", *J. Exp. Anal. Environ. Epidemiol.*, 1, 157-192.
15. WHO (1987): "Air quality guidelines for Europe", WHO, Copenhagen.
16. WHO (1989): *Indoor Air Quality: Organic pollutants; Reports on a WHO-meetings, Euro Reports and Studies 111*, WHO Regional office for Europe, Copenhagen, Denmark.

Bibliografia paragrafo 3.2.6 (Formaldeide)

1. CEC (1990): Indoor Air Pollution by Formaldehyde in European Countries. European Concerted Action, Indoor Air Quality and Its Impact on Man, COST Project 613, Report N. 7, EUR 13216 EN, Luxembourg.
2. ECA, European Concerted Action “Indoor Air Quality & its Impact on man”, Report n.2: Formaldehyde emission from wood-based materials: guideline for the determination of steady state concentrations in test chambers. Office for Official Publications of the European: Luxembourg, 1989 (EUR 12196 EN)
3. WHO, World Health Organization, Indoor Air Quality: Radon and Formaldehyde, Environmental Health Series 13, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, 1986.

Bibliografia paragrafo 3.3 (Radon)

1. Bochicchio F, Campos Venuti G, Nuccetelli C, Piermattei S, Risica S, Tommasino L, Torri G. Results of the representative Italian national survey on radon indoors. *Health Phys.* 71(5): 743–750; 1996.
2. CEC (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES) Commission Recommendation of 21-2-1990 on the protection of the public against indoor exposure to radon (90/143/Euratom). *Off. J. Europ. Comm. L80*: 26-28; 1990.
3. ECA (European Collaborative Action “Indoor air quality & its impact on man”). Radon in indoor air. Report no.15. EUR 16123 EN, Luxembourg. Office for official publication of European Communities. 1995.
4. Gaidolfi L, Malisan MR, Bucci S, Cappai M, Bonomi M, Verdi L, Bochicchio F. Radon measurements in kindergardens and schools of six Italian regions. *Radiat Prot Dosim* 78(1): 73–76; 1998.
5. Guo Q, Shimo M, Ikebe Y, Minato S. The study of thoron and radon progeny concentrations in dwellings in Japan. *Radiat. Prot. Dosim.* 45(1/4): 357–359; 1992.
6. Nuccetelli C, Bochicchio F. The thoron issue: monitoring activities, measuring techniques and dose conversion factors. *Radiat. Prot. Dosim.* 78(1): 59–64; 1998.
7. UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation). Sources and effects of ionizing radiation. United Nations ed., New York, E.94.IX.2; 1993.
8. WHO-ROE (World Health Organization - Regional Office for Europe). Indoor air quality: a risk based approach to health criteria for radon indoors. Report on a WHO Working Group. Eilat (Israel) 28 Mar – 4 Apr. 1993. EUR/ICP/CEH 108 (A), 1996.

Bibliografia paragrafo 3.4 (Contaminanti microbiologici)

1. COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (CEC) (1993): Biological Particles in Indoor Environments. European Concerted Action, Indoor Air Quality and Its Impact on Man, COST Project 613, Report N. 12, EUR 14988 EN, Luxembourg.

Bibliografia paragrafo 3.5 (Gli allergeni indoor)

2. ECA, Biological Particles in Indoor Environments, Report n. 12, ISPRA Establishment (VA) EUR 14988 EN, 1993.
3. Fox R.W., "Air cleaners: a review, in J Allergy Clin. Immunol. 1994;94:413-6
4. Kukkonen E., Skaret E., Sundell J., Valbiorn O., "Indoor Climate problems", in: Nordtest Report, Nordic ventilation Group, Espoo, Finland, 1993.
5. NKB (Nordic Committee for Buildings), Allergy, Hypersensitivity and Chemical Substances - Summary and Conclusions, NKB Committee and Work Reports, 1993: 01 E.
6. WHO, Biological Contaminants in Indoor Air, Euro Reports and Studies, Rantavaara 29 agosto-2 settembre 1988
7. WHO, Indoor Air Quality: Biological Contaminants, WHO Regional Office for Europe, European series n.31, Copenhagen (DK), 1990.
8. Wiech C. e Raw G.J. (British Research Establishment, UK), "Asthma, dust mites, ventilation and air quality: study design and initial carbon monoxide results", in: Healthy Buildings '95, Vol.I, pp.425-430;

Bibliografia paragrafo 3.6 (Valutazione dell'esposizione personale in vari ambienti indoor)

1. Carrer P., Alcini D., Cavallo D., Lovato L., Vercelli F., Visigalli F., Bollini D., Ghalandar R., Maroni M. (1997): Esposizione personale giornaliera ad agenti aerodispersi in lavoratori d'ufficio. Acta Medica Mediterranea, 13S: 165-170.
2. Clayton C.A. et al. (1993): Particle total exposure assessment methodology (PTEAM) study: Distributions of aerosol and elemental concentrations in personal, indoor, and outdoor air samples in a southern California community. J Exp. Anal. Environ. Epidemiol. 3:227-250.
3. Maroni M., Seifert B., Lindvall T. (Editors) (1995): Indoor air quality - A comprehensive reference book. Air Quality Monographs, Elsevier Science, The Netherlands, 1995, 3: 1-1100.
4. Seifert B. (1990): Regulating indoor air. In: Walkinshaw D. (Ed.), proceedings Indoor Air '90, Toronto: 35-49.
5. World Health Organization (1983). Indoor air pollutants: exposure and health effects. Report on a WHO-meeting, Euro Reports and Studies 78, WHO Regional office for Europe, Copenhagen, Denmark.
6. World Health Organization (1989): Indoor air quality: Organic pollutants; Reports and Studies 111, WHO Regional office for Europe, Copenhagen, Denmark.
7. World Health Organization (1996): Update and revision of the WHO air quality guidelines for Europe, ICP EHH 018 VD96.2/11, WHO Regional office for Europe.

Capitolo 4 - Aspetti strutturali e funzionali degli edifici connessi alla qualità dell'aria indoor

4.1 Localizzazione degli edifici e rapporto con l'esterno

L'ottimizzazione del sistema edificio/ambiente costituisce uno dei presupposti della salubrità degli edifici in relazione all'importanza dell'orografia, dell'esposizione, della temperatura, dell'umidità, della qualità dell'aria esterna e delle caratteristiche terreno dei diversi luoghi.

Purtroppo questi principi non sono stati sempre applicati nell'edilizia minore che - dal medioevo in poi - ha determinato il disegno urbano dei centri storici italiani e sono totalmente venuti meno nelle costruzioni della seconda metà di questo secolo improntate alla consapevolezza che gli impianti di riscaldamento, di climatizzazione e di filtrazione dell'aria ne avrebbero corretto gli eventuali errori di progettazione ambientale.

Oggi, però, sono emersi alcuni gravi problemi a scala mondiale, come l'effetto-serra e il buco nell'ozono, che non possono essere elusi e che richiedono anche la valutazione dell'impatto delle costruzioni sull'ecosistema, modificandone, conseguentemente, alcune caratteristiche costruttive. Sulla base degli accordi siglati sin dalla Conferenza mondiale di Rio de Janeiro del 1992 e di quella di Kyoto del 1997, entro il 2010, le scelte tecnico/costruttive dovranno essere subordinate a un accurato giudizio di ecocompatibilità; a una scadenza più vicina, entro il 2002, le emissioni di CO₂ nell'atmosfera e quindi l'utilizzo di energia che ne è la causa dovranno essere riportati ai livelli del 1990; il maggior contributo a quest'azione è previsto dall'ulteriore contenimento dei consumi energetici nella gestione degli edifici.

Pertanto i risparmi energetici finora conseguiti con l'isolamento dell'involucro (L.373/76, L.10/91) dovranno essere affiancati da altre misure correttive o preventive che mirino al miglioramento del rapporto tra edificio e ambiente.

A livello comunitario, da alcuni anni, la Direzione Generale XII conduce ricerche e svolge attività divulgativa mediante manuali e linee-guida per progettare o modificare gli edifici con maggiore attenzione alla loro integrazione climatica e ambientale (Lewis, Guilding & Steemers, 1992; Lewin & Guilders, 1996); la pubblicistica specializzata propone software che consentono di gestire la complessità dei dati e delle loro interazioni (Mura & Rogora, 1998).

Un migliore rapporto dell'edificio con l'ambiente e col clima ha, come diretta conseguenza, anche il miglioramento della qualità dell'aria interna, per la possibilità di ottimizzare l'effetto di alcuni elementi:

- la direzione e la velocità del vento dominante;
- l'irraggiamento solare;
- l'addossamento a rilievi;
- la presenza di vegetazione;
- la presenza di edifici vicini;
- interazione col terreno sottostante.

In Italia, l'ambiente costruito esistente si presenta con caratteristiche fortemente differenziate per:

- le aggregazioni urbanistiche (centri storici, abitati intensivi ed estensivi, zone industriali, zone rurali) e le relazioni con l'intorno immediato (edificio isolato, in cortina su spazi aperti o in tessuto compatto);
- le caratteristiche chimico-geologiche dei suoli;
- le condizioni climatiche, orografiche e idrologiche;
- l'epoca della costruzione;
- le tecniche costruttive (a muratura portante di mattoni, a ossatura di c.a. o di acciaio ecc.);
- le caratteristiche dei materiali da costruzione utilizzati;
- il tipo edilizio che può essere monopiano, pluripiano o a torre sia per le destinazioni abitative, che per quelle del terziario e dei servizi.

Il rapporto tra ambiente costruito e ambiente naturale non è dei più favorevoli: solo il 40,9% delle abitazioni possiede un giardino privato (Tabella 4.1) e - mediamente - sono necessari 15 minuti di strada per raggiungere quelli pubblici.

Tabella 4.1 - Percentuali di abitazioni dotate di giardino privato, secondo il tipo di comune (ISTAT,1996)

Aree metropolitane		altri comuni				Totale
Centri	Periferie	>50.001 ab.	10.001-50.000 ab.	2.001-10.000 ab.	<2.000 ab.	
22,0%	35,6%	34,7%	44,7%	53,1%	55,4%	40,9%

Vi è però una notevole quota di abitazioni in proprietà (67,2%) (ISTAT,1996) e una forte propensione al recupero (46% degli investimenti in edilizia) (CRESME 1998); tutto ciò lascia intendere che vi siano buone possibilità di riequilibrare il rapporto interno/esterno con piccoli interventi correttivi sull'involucro degli edifici (frangisole, verande, serre) e nei sistemi di ventilazione naturale (prese d'aria, camini, cavedi).

La Guida al programma di sperimentazione allegata ai Contratti di Quartiere (DM 22.12.1997), che hanno come obiettivo la riqualificazione dell'abitare, definisce alcuni temi fondamentali per il raggiungimento di obiettivi di qualità: la qualità morfologica, la qualità ecosistemica, la qualità fruitiva. All'interno dell'obiettivo "Miglioramento della qualità ambientale" viene anche specificamente trattato il tema "Aria".

L'inquinamento dell'aria è infatti una condizione esterna che interagisce con l'inquinamento dell'aria interna ed è anche tra i problemi ambientali uno di quelli maggiormente percepito nella sua gravità dalla maggior parte degli abitanti (41,2%), superato solo dalla questione del traffico (49,8%) (ISTAT,1996).

L'inquinamento dell'aria esterna è causato da:

- nelle zone urbane: inquinamento da traffico (CO, CO₂, NO, Pb, ossidanti ecc.), inquinamento da riscaldamento (SO₂, CO₂, ecc); presenza di fonti particolari: lavanderie (percloroetilene), distributori di carburante, garages (benzene), cassonetti di rifiuti (inquinanti biologici);
- nelle zone industriali: idrocarburi, SO₂, NO, particolato, ecc);
- nelle zone rurali: pollini, inquinanti biologici (l'1% delle abitazioni è in zone rurali);

L'aria interna, salvo la presenza di sistemi di depurazione e ad esclusione di alcuni inquinanti pesanti (particolati) o filtrabili dall'involucro dell'edificio (SO₂) è sempre peggiore di quella esterna perché, rispetto a quella, vi aggiunge alcuni inquinanti derivati dalla presenza e dalle attività umane (bioeffluenti ecc) e dalla presenza di prodotti inquinanti (prodotti da costruzione, prodotti per

l'igiene, ecc.).

Inoltre si rammenta il radon che si immette negli edifici attraverso varie vie, in particolare pavimenti e fessure nei muri, nonché dai materiali di costruzione; frequentemente è stato verificato che i livelli di radioattività naturale sono più alti all'interno degli edifici che non all'esterno, proprio a causa della persistenza del radon penetrato dall'esterno e della componente legata ai materiali (in particolare il tufo) con i quali sono costruiti gli edifici stessi.

4.2 - Configurazione e caratteri distributivi dell'edificio

La configurazione e l'articolazione interna dell'edificio hanno conseguenze sulla qualità dell'aria soprattutto in relazione alla possibilità di (si veda la Tabella 4.2):

- limitare l'ingresso di inquinanti, mediante spazi-filtro tra l'esterno e i locali abitati;
- circoscrivere le attività inquinanti, in luoghi dedicati;
- favorire la circolazione d'aria negli ambienti ed evitare il ristagno di umidità, mediante affacci multipli, presenza di cavedi e con le dimensioni adeguate degli ambienti.

Le caratteristiche generali di ordine morfologico e dimensionale sono regolate da numerosi disposti normativi, riferiti alle diverse destinazioni d'uso o a criteri di sicurezza e di prevenzione incendi¹; inoltre l'edilizia privata è regolata dalle prescrizioni dei Regolamenti edilizi e Regolamenti di igiene; quella pubblica dalle norme tecniche emanate dalle singole regioni in base all'art. 42 della L.457/78.

Tab. 4.2 - Problemi potenziali di inquinamento indoor in relazione a difetti distributivi.

CARATTERISTICHE DISTRIBUTIVE	RIF. NORMATIVI	PROBLEMI INDOOR
Mancanza di zone filtro (es. assenza di vani ingresso e ai vari livelli)		Diffusione di allergeni (in particolare da animale domestico: Fel d 1 e Can d 1) e di parassiti portati dai visitatori.
Mancanza di doppio affaccio contrapposto	Regolamenti di igiene	Ricambio d'aria irregolare
Profondità eccessiva del corpo di fabbrica	Regolamento Edilizio, Regolamento d'igiene	Scarsa ventilazione naturale, scarsa illuminazione naturale
Mancanza di luoghi dedicati per macchine o attrezzature (p.es. fotocopiatrici nei locali)	D.Lvo 626/94 e segg.	Produzione e diffusione di Ozono e altri inquinanti negli ambienti di vita
Cucine aperte sul soggiorno	Regolamenti di igiene	Diffusione dei prodotti da combustione (NO ₂ , particolato), degli inquinanti derivati dalla cottura e dal degrado dei cibi, degli inquinanti provenienti dai prodotti per l'igiene.

¹ A titolo di esempio si veda: DM 18.12.1975 *Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nell'esecuzione di opere di edilizia scolastica* e successivo DM 13.9.1977 di modificazione; DPR 14.1.1997 *Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento alle regioni e alle province autonome di Trento e di Bolzano, in materia di requisiti strutturali, tecnologici ed organizzativi minimi per l'esercizio delle attività sanitarie da parte delle strutture pubbliche e private*; DM 10.03.1998 *Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro*. Per gli edifici residenziali operano il DM 5.7.1975 *Modificazioni alle istruzioni ministeriali 20.6.1896 relativamente all'altezza minima e ai requisiti igienico-sanitari principali dei locali di abitazione* e il D.M.16.5.1987, n.246 *Norme di sicurezza antincendi per gli edifici di civile abitazione*

Presenza di stufe a cherosene o a gas negli ambienti di vita	D.M. 30.10.1981 e norme UNI-CIG	Diffusione di SO ₂ , NO ₂ e particolato
Autorimesse inserite nel fabbricato	D.M.1.02.1986 (prevenzione incendi)	Emissioni di scarico dai veicoli (CO, benzene) risalenti attraverso scale, corridoi e strati della costruzione

4.2.1 - Edilizia residenziale

Per quanto riguarda l'edilizia residenziale, l'ampiezza e l'altezza medie degli alloggi in Italia, superiori alle medie europee, consentono - in generale - una discreta articolazione dei tagli abitativi; questa, con l'aiuto del clima, favorisce la circolazione dell'aria e l'espulsione degli inquinanti.

La superficie media delle abitazioni occupate è di 94,1 m², predominano le abitazioni da 4 e 5 stanze (54,68%) (Tab.4.3) (ISTAT, 1991) e tuttora il numero medio di stanze nelle abitazioni realizzate annualmente è pari a 4 (ISTAT, 1998); una di queste stanze, nella maggior parte dei casi, è occupata dalla cucina, con i rischi espositivi che ne conseguono (Tab. 4.4).

Un altro vantaggio della situazione abitativa italiana è dato dall'alta percentuale di abitazioni mono e bi-familiari che costituiscono circa il 50% del patrimonio edilizio e che sono in costante aumento, infatti assorbono oltre il 70% del mercato residenziale annuo (Tabella 4.5).

La costruzione mono-bifamiliare ha i presupposti per garantire alcuni requisiti della qualità ambientale; generalmente è:

- situata in territori extraurbani;
- dotata di più di due affacci ed esposizioni;
- dotata di ambienti esterni di regolazione climatica (portico, veranda) e di supporto alla ventilazione (patio);
- ha altezza media di piano maggiore che negli edifici multipiano.

Tabella 4.3 - Italia: ripartizione delle abitazioni per numero di stanze (ISTAT, 1991)

Abitazioni	1 stanza	Da2 stanze	da3 stanze	da4 stanze	da 5 stanze	Da6 stanze	da 7 e più	Totale
Percentuali	1,72%	9,25%	20,96%	32,35%	21,83%	7,81%	6,08%	100%
TOTALI	453.320	2.304.857	5.236.413	8.044.768	5.342.316	1.941.970	1.537.636	24.861.280

Tabella 4.4 - Italia: Caratteristiche dell'ambiente cucina nelle abitazioni occupate e non: rischi conseguenti (elaborazione su dati ISTAT,1991).

Caratteristiche delle cucine	(%) sulle abitazioni occupate	(%) sul totale abitazioni	Rischi di inquinamento indoor
Angolo cottura	11,85%	13,45%	Se l'ambiente è finestrato, chiuso rispetto agli altri locali e dotato di sistemi di evacuazione diretta degli inquinanti, la cabina di cottura è la soluzione a minor rischio.
Cucina abitabile	88,15%	86,55%	Spesso costituisce il cuore della vita domestica e quindi vi sono alti rischi

			espositivi nei confronti di: * prodotti da combustione; nelle case in cui si cucina col gas le concentrazioni di NO ₂ sono nettamente superiori rispetto all'esterno; il livello di NO ₂ è ancora più alto dove anche il forno è a gas. Oltre che di un sistema per l'evacuazione dei fumi, qualsiasi ambiente dotato di apparecchio a gas dovrebbe essere dotato - in rispetto alle norme (UNI CIG 7129/92) - di una presa d'aria di superficie minima pari a 100 cm ² ; * sostanze rilasciate dai cibi durante la cottura; * inquinanti biologici rilasciati dagli alimenti esposti; * VOCs e polveri aerodisperse rilasciati dai prodotti per l'igiene; * muffe dovute alla condensa del vapor acqueo.
--	--	--	---

Tabella 4.5 - Quadro tipologico dei nuovi fabbricati residenziali (periodo 1992-95) (rielaborazione da: CRESME,1996)

TIPOLOGIA	%	TIPOLOGIA	%
Monofamiliari/Bifamiliari	78,3%	Palazzine (5-15 abitazioni)	10,1%
Villa indipendente a 1 piano	10,3%	A schiera	4,2%
Villa indipendente a 2-3 piani	48,7%	A stecca	3,0%
Bifamiliari a 2-3 piani	17,8%	A torre	2,9%
Ville a 3 e più piani	1,5%	Grandi interventi (oltre 15 abitazioni)	2,8%
Tri-quadrifamiliari	8,8%	A stecca	2,1%
A 2-3 piani	8,8%	A torre	0,8%

4.2.2 - Edifici non residenziali

Anche per quanto riguarda gli edifici con destinazione diversa da quella residenziale i rischi di inquinamento dell'aria interna sono legati alle caratteristiche costruttive e alle attività che vi si svolgono. A differenza dell'ambito residenziale, però, si dispone di uno strumento di legge, il D.L.vo 626/94, che impone di dedicare attenzione ai rischi ambientali derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici o biologici, non solo per le attività industriali, ma anche per tutti gli ambienti lavorativi del terziario e dei servizi sociali.

Edifici per uffici

Nei confronti degli ambienti destinati a uffici, il primo dato rilevante e peculiare della realtà italiana riguarda la distribuzione delle attività in differenti tipi edilizi, dei quali solo una percentuale ridotta è specificamente concepita e destinata (Tab.4.6).

Tabella 4.6 – Distribuzione degli uffici in differenti strutture edilizie: rischi correlati (rielaborazione da: Ministero dell'Ambiente, 1991)

TIPO EDILIZIO	%	CARATTERISTICHE	PROBLEMI PRINCIPALI
Palazzi per uffici	15%	Edifici alti, con corpo di fabbrica molto profondo; involucro a facciata continua, sigillato, talvolta totalmente vetrato. Impianto di climatizzazione.	<i>Illuminazione naturale scarsa; artificialità e promiscuità degli spazi.</i>

Palazzine adiacenti alle sedi produttive	20%	Per lo più costruzioni prefabbricate, con scarsa qualità delle finiture e delle connessioni.	Inquinamento dell'aria esterna; problemi da condensa e vibrazioni.
Riutilizzo di ambienti residenziali o commerciali	65%	Soluzioni di ripiego, inadeguate dal punto di vista distributivo e delle dotazioni impiantistiche.	Rischi derivati dall'uso di pareti leggere, rivestimenti, adesivi, sigillanti (VOC).

Con qualunque tipo edilizio si riscontrano, comunque, alcuni problemi ricorrenti che contribuiscono all'inquinamento dell'aria interna (Maroni, 1995):

- scarsa igiene negli ambienti (polvere nell'aria $> 0,3 \text{ mg/m}^3$; polvere sul pavimento : $>0,5 \text{ g/m}^2$);
- trascurata manutenzione/pulizia degli impianti di climatizzazione (batteri, muffe, lieviti sui filtri: UFC $>10^6$; legionella nelle riserve d'acqua);
- consistente presenza di scaffalature aperte (fattore *Shelf* $>0,5 \text{ m/m}^2$ = sviluppo lineare scaffali/superficie locale);
- diffusa presenza di rivestimenti porosi che adsorbono e rilasciano gli inquinanti chimici presenti nell'aria (fattore *Fleeciness* $>0,7 \text{ m}^2/\text{m}^3$ = superficie rivestita/volume ambiente);
- macchine fotocopiatrici, stampanti al laser (Ozono $>0,1 \text{ mg/m}^3$)
- mobili e pareti divisorie in legno truciolare, imbottiti con rivestimento plastico, ecc. (TVOC $>0,5 \text{ mg/m}^3$; formaldeide $>0,10 \text{ mg/m}^3$);
- fumo di tabacco.

Ospedali

I rischi ambientali negli ospedali possono essere così suddivisi:

- rischi fisici, in relazione a: microclima, illuminazione, rumore, radiazioni ionizzanti, radiazioni non ionizzanti;
- rischi chimici, in relazione a: solventi organici, disinfettanti, anestetici, farmaci, liquidi e detergenti per le pulizie, rifiuti ospedalieri,
- rischi biologici: virus, batteri, enzimi, lieviti, muffe, miceti, micro-molecole e macro-molecole biologiche, rifiuti ospedalieri.

Tra i rischi chimici i più importanti sono quelli da anestetici volatili, cui sono stati imputati numerosi effetti indesiderati e da disinfettanti, antisettici, sterilizzanti (esaclorofene, formalina, creosato, sali ammoniaci quaternari, ossido di etilene). Di alcuni composti la concentrazione va costantemente monitorata perché può costituire un serio pericolo per la salute: i più conosciuti sono CO_2 , i gas anestetici (N_2O , Alotano, Isoflurano e Enflurano), i disinfettanti (Formaldeide e Gluteraldeide), l'ossido di etilene e i BTX (Benzene, Toluene e Xileni), spesso in combinazione con altri vapori.

Come si è già detto in altre parti, la formaldeide espone alcune categorie del personale ospedaliero al rischio derivante da una sua cronica inalazione, ma anche l'ossido di etilene, usato come mezzo di sterilizzazione chimica può costituire un rischio sia per gli operatori che per alcune categorie di pazienti: può causare intossicazioni croniche o acute.

Le fonti di inquinamento sono rappresentate dalle autoclavi a ossido di etilene e dai materiali

sottoposti a trattamento ma non sufficientemente ventilati al fine di ottenere il desorbimento del gas.

L'intossicazione può aver luogo mediante il contatto con prodotti, tessuti od oggetti non adeguatamente degasati. Vi possono essere effetti a carico delle mucose congiuntivali e respiratorie, sul sistema nervoso centrale e periferico, rischi mutageni, aumento di abortività spontanea e di carcinogenicità.

La protezione nei confronti dell'esposizione all'ossido di etilene (Circolare Min.San. 56/83, UNI 8678/1884 1987) si può ottenere attraverso un corretto impiego delle apparecchiature e dei locali, attraverso controlli sanitari sugli addetti, con un'adeguata ventilazione e precise indicazioni alla sterilizzazione.

Per quanto riguarda il rischio professionale rappresentato dall'inalazione di gas anestetici esso interessa il personale che opera nelle sale operatorie. Allo stato attuale delle conoscenze i rischi principali per la salute consistono in una riduzione della efficienza neuro-comportamentale. Si possono attuare dei mezzi preventivi che possono contribuire ad una riduzione della presenza di tali vapori nell'ambiente di lavoro (Circolare Min. San. 5/89).

La contaminazione biologica nelle sue forme batteriche, virali, fungine e micotiche rappresenta un notevole pericolo (tabella 4.7). E' importante quindi, avere ben chiari i meccanismi e le vie di propagazione per poter intervenire con i mezzi più adatti alle specifiche situazioni.

Tabella 4.7 – Concentrazioni microbiche (batteri e funghi) rilevate in alcune unità ospedaliere (Fonte: Alcini, 1995).

UNITA' DI RIANIMAZIONE Batteri: 525 UFC/m ³	DIPARTIMENTO DI CHIRURGIA Batteri: 669 UFC/m ³	DIPARTIMENTO DI CHIRURGIA Funghi: UFC 200/m ³
ARIA ESTERNA Batteri: 307 UFC/m ³	ARIA ESTERNA Batteri: 397 UFC/m ³	ARIA ESTERNA Funghi: 233 UFC/m ³

Il controllo della biocontaminazione nell'ambiente ospedaliero è un problema che coinvolge molti aspetti e attività che normalmente si svolgono nell'ospedale. Possono costituire veicolo di contaminazione l'ammalato, il personale, il visitatore ma anche gli equipaggiamenti, l'aria, l'acqua e ancora la distribuzione dei pasti, lo scambio dei giornali, le superfici ed i rifiuti solidi e liquidi.

Le infezioni aerotrasmesse sono un importante problema di sanità pubblica e interessano principalmente le grandi strutture ospedaliere dove, per l'alta tecnologia utilizzata, viene a confluire una popolazione di pazienti più gravi, più sottoposti a procedure invasive, più bisognosi di assistenza e quindi più a rischio.

Per quanto riguarda gli ambienti di degenza, in essi sono presenti elementi tecnici e materiali dove i microrganismi possono facilmente annidarsi e moltiplicarsi. Essi sono rappresentati dai pavimenti, dai servizi igienici, dalla strumentazione medico-chirurgica, dai materiali d'uso (cateteri urinari e dispositivi venosi a dimora), dagli arredi inadeguati ed infine dagli alimenti che, come in tutte le collettività, possono rappresentare un veicolo di germi.

I microrganismi generalmente sono supportati da particelle di polvere inerte; una rimozione costante della polvere, sia attraverso gli impianti di ventilazione/climatizzazione che attraverso la pulizia, ne limita la proliferazione.

Oltre che per diluizione dell'aria, la concentrazione della carica microbica può essere contenuta con

filtrazione a diversi gradi di efficienza, commisurati al grado di abbattimento voluto.

L'aria proveniente dall'ambiente esterno all'ospedale è un'altra fonte di biocontaminazione ed anch'essa deve essere adeguatamente filtrata.

La ventilazione/climatizzazione dei reparti ospedalieri permette, inoltre, di creare un regime di sovrappressione ambientale, che obbliga l'aria a fluire secondo percorsi che tengono conto del grado di asetticità necessaria ai vari reparti allontanando, tramite aspirazioni localizzate, la contaminazione prodotta dalle attività ospedaliere.

Infine, le finiture degli ambienti devono essere realizzate con accorgimenti che evitino gli accumuli di contaminanti microbiologici. I raccordi tra pareti, pavimenti e soffitti devono essere possibilmente arrotondati per facilitarne la pulizia. Gli infissi debbono presentare caratteristiche costruttive che evitino il deposito della polvere. Gli arredi, oltre ad avere caratteristiche di disegno e costruttive tali da facilitarne la loro pulizia, devono essere costruiti con materiali adatti, che ne consentano la loro disinfezione ed eventualmente sterilizzazione.

Tabella 4.8 – Contaminazioni fungine in diversi ambienti in un'unità di ematologia (Fonte: Heinemann, 1995)

TIPO DI LOCALE	CONTAMINAZIONE FUNGINA		
	Dell'aria	Delle superfici	
	UFC/m ³	% superfici contaminate	UFC/
• Stanze degenza con flusso d'aria laminare	0,60	4,8	0,06
• Altre degenze	0,74	3,3	0,03
• Stanze preparatorie	1,25	23	0,4
• Ambienti deposito	1,70	42	1,1
• Uffici amministrativi	1,80	28	0,5
• Corridoi	1,08	26	0,6

Le scuole

Si è sempre ritenuto che la maggior fonte di inquinamento dell'aria, nelle scuole, fosse rappresentata dagli alunni. Ciò non è vero anche se in Italia numerosi edifici scolastici sono stati costruiti prima della seconda guerra mondiale e sono quindi caratterizzati da spesse pareti in muratura e ampie finestre. Il problema dell'inquinamento da materiali costruttivi si pone soprattutto durante gli interventi di manutenzione ordinaria/straordinaria di questi edifici, con elevate emissioni di VOC da vernici e adesivi e rilascio di particolato nelle fasi di demolizione e rimozione, ma questi lavori si svolgono, nella maggior parte dei casi, durante il periodo estivo.

Peraltro rilevazioni condotte nella città di Milano hanno evidenziato concentrazioni medie di TVOC di circa 1800 µg/m³, superiori di 6 volte a quelle presenti nell'aria esterna e di circa 3 volte a quelle rilevate in edifici per uffici (Maroni, 1996). Probabilmente sono da attribuire alle attività degli allievi (pittura) e all'uso di detergenti e disinfettanti.

I plessi costruiti con tecniche prefabbricate dopo gli anni '60 comportano inoltre i diversi rischi connessi con isolamento e inerzia termica inadeguati (ponti termici, umidità da condensa) e con la

scarsa tenuta all'aria e all'acqua (infiltrazioni d'acqua, muffe).

In carenza di dati analitici, si può ipotizzare che in generale la tipologia ed il livello degli inquinanti preminenti negli edifici scolastici siano i seguenti:

CO₂ > 1000 ppm (ricambi d'aria limitati < 1 l/s/m²);

Allergeni/g di polvere > 2000 ng (scarsa pulizia, umidità elevata);

Macromolecole organiche nella polvere del pavimento > 3 mg MOC/g di polvere (scarsa pulizia, attività turbolente degli utenti);

Spore di funghi nella polvere del pavimento > 3000 UFC/g (scarsa pulizia, umidità elevata);

Batteri nella polvere del pavimento > 10000 UFC/g (presenza degli utenti, umidità elevata);

Batteri nell'aria > 2000 UFC/m³ (presenza degli utenti);

Formaldeide > 100 µg/m³ (arredi, prodotti);

TVOC > 600 µg/m³ (prodotti).

Per quanto riguarda il radon, indagini effettuate in oltre 2.000 scuole materne ed elementari di sei regioni italiane hanno messo in evidenza che anche in questa tipologia di edifici si riscontrano livelli equivalenti o superiori a quelli delle abitazioni, in quanto generalmente tali scuole si estendono principalmente al piano terra, che è più vicino alla principale sorgente del radon che è appunto il terreno sottostante.

4.3 - Età e condizioni del patrimonio edilizio abitativo: salubrità degli edifici

L'età di una costruzione ha conseguenze dirette sulla salubrità dell'edificio non solo per le eventuali condizioni di degrado o per la mancanza di servizi e impianti, ma anche in relazione alle scelte distributive e tecnologiche proprie del periodo in cui l'edificio è stato realizzato. In particolare, per gli edifici più vetusti, valgono alcune condizioni di insalubrità già ravvisate dagli igienisti del secolo scorso e dovute, per esempio, all'eccessiva compattezza degli abitati, alla scarsa illuminazione, al contatto diretto col suolo (Tabb. 4.9, 4.10, 4.11, 4.12).

Tabella 4.9 - Problemi igienici degli abitati, secondo alcune caratteristiche tipo-tecnologiche legate all'età.

TIPOLOGIA	CARATTERISTICHE E PROBLEMI	RISCHI PIU' FREQUENTI
Edifici vetusti, nei centri storici con impianto urbanistico medioevale (anche rifatti in epoca successiva o ristrutturati): - insediamenti molto compatti, lungo strade di dimensione ridotta; - scarsa altezza e dimensione ridotta degli ambienti.	<ul style="list-style-type: none"> • scarsa illuminazione degli ambienti; • mancanza di vespaio; • continuità tra piano stradale e strutture murarie; • presenza di pozzi, cunicoli o altre pervietà verso il sottosuolo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Umidità ascendente: muffe; • Materiali degradati: particolato aerodisperso; • Risalita di inquinanti dal terreno (p.es.radon, inquinanti biologici)
Edifici borghesi della seconda metà dell'800, sino al 1930: <ul style="list-style-type: none"> • unità abitative ampie e di notevole altezza, ma con netta distinzione tra zona padronale ben aerata e zona di servizio; • presenza di corti e cavedi; • presenza di numerose modanature, anche interne. 	<ul style="list-style-type: none"> • gli ambienti di servizio (cucine, bagni, camerette..) sono spesso situati in posizioni angolari, quindi sono male illuminati e di proporzioni irregolari; • vi sono numerose canalizzazioni (immondizie, canne fumarie) che collegano gli ambienti di vita col piano cantine, • difficoltà di manutenzione e pulizia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inquinamento biologico negli ambienti di servizio non soleggiati; • Inquinamento biologico da scarsa igiene (scarafaggi..); • Risalita di inquinanti dal piano cantine, attraverso le canalizzazioni (p. es. radon);
Edifici minori dell'800-900 (case popolari, case di ringhiera) anche recuperate di recente per usi abitativi e non.	<ul style="list-style-type: none"> • ambienti di dimensione ridotta e mal disimpegnati; • servizi minimi; • cucine aperte o comunicanti direttamente con gli altri ambienti; • riscaldamento autonomo; stufe e caminetti; • tecniche costruttive povere. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inquinanti da sovrappollamento (CO₂, bioeffluenti..); • Diffusione dei prodotti da combustione in tutti gli ambienti (NO₂, particolato..); • Ponti termici, umidità da condensa, muffe.
Edifici della ricostruzione post-bellica (1945-1970).	<ul style="list-style-type: none"> • forti dispersioni termiche; • coperture a terrazzo; • nell'edilizia minore: uso di prefabbricati e in generale di tecniche di scarsa qualità. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ponti termici, umidità da condensa, muffe; • Infiltrazioni d'acqua da coperture e terrazzi; • Spifferi e infiltrazioni d'acqua dai serramenti.
Edilizia attuale (1970-1999)	<ul style="list-style-type: none"> • eccessiva artificialità: materiali nuovi non sperimentati, tecniche di posa facilitate.. • scarso rapporto con l'esterno (sigillatura dell'involucro, eccessiva profondità del corpo di fabbrica..); • abuso di impiantistica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inquinanti chimici (VOCs...); • Proliferazioni fungine e inquinamento trasmesso dagli impianti da climatizzazione

Tabella 4.10 - Suddivisione delle abitazioni in Italia, secondo l'età degli edifici (ISTAT, 1991).

Epoca di costruzione degli edifici	Abitazioni occupate	Abitazioni non occupate
Prima del 1919	17,34%	24,98%
1919 - 1945	10,32%	11,25%
1946 - 1960	17,66%	11,46%
1961 - 1971	25,95%	18,31%
1972 - 1981	18,92%	22,82%
1982 - 1986	6,13%	5,65%
Dopo il 1986	3,68%	5,47%
TOTALI	19.735.913	5.292.609

Tabella 4.11 - Dotazione di servizi nelle abitazioni occupate e non, in Italia (elaborazione da: ISTAT, 1991).

DOTAZIONE DI SERVIZI	ABITAZIONI OCCUPATE			TOTALE ABITAZIONI		
	(%)	n. abitazioni	m ² abitazioni	(%)	n. abitazioni	m ² abitazioni
Sola acqua potabile	0,10%	20.576	1.187.235	0,22%	55.906	3.443.809
Solo gabinetto	0,03%	6.280	295.788	0,21%	51.725	3.160.397
Acqua potabile, gabinetto e acqua calda	0,19%	38.161	1.908.050	0,35%	88.024	4.806.110
Altre combinazioni	24,92%	4.915.085	462.509.490	28,49%	7.083.462	639.636.610
Acqua potabile e bagno(i)	74,76%	14.755.811	1.392.476.000	70,73%	17.582.163	1.610.174.897
NUMERI TOTALI	100%	19.735.913	1.858.376.563	100%	24.861.280	2.261.221.823

Tabella 4.12 - Dotazione di riscaldamento nelle abitazioni occupate e non (senza distinzione tra impianti centralizzati o autonomi) (elaborazione da: ISTAT,1991).

DOTAZIONE DI RISCALDAMENTO	ABITAZIONI OCCUPATE			ABITAZIONI TOTALI		
	(%)	n. abitazioni	M ² abitazioni	(%)	n. abitazioni	m ² abitazioni
Senza riscaldamento	26,95%	5.317.466	489.829.115	34,03%	8.458.338	733.969.303
Con riscaldamento	73,05%	14.418.447	1.368.547.448	65,97%	16.402.942	1.527.252.520
NUMERI TOTALI	100%	19.735.913	1.858.376.563	100%	24.861.280	2.261.221.823

4.4 - Tendenze attuali del mercato dell'edilizia: scelte costruttive e problemi di inquinamento indoor

La lettura del mercato dell'edilizia offre importanti spunti di riflessione riguardo i settori nei quali svolgere un'azione di controllo o di sensibilizzazione in merito alla qualità "indoor" della costruzione. Gli elementi di cui tenere conto sono:

- le tendenze riguardo ai comparti prevalenti (residenziale, terziario, commerciale, ecc.), per esercitare un'azione nel merito delle scelte tipologiche;
- le partecipazioni dei diversi investitori (piccoli proprietari, imprese, enti pubblici..), per impostare le strategie informative;
- le scelte tecnologiche, per attivare strumenti di controllo riguardo a materiali e tecniche;
- la frammentazione dell'offerta edilizia, per interpretare le eventuali sacche di lavori in nero estranei anche ai controlli tecnologici.

L'analisi dei diversi comparti che compongono il mercato dell'edilizia indica, negli anni '90, profondi mutamenti; i principali elementi di cambiamento sono (CRESME, 1998a):

- il dimezzamento del mercato dell'edilizia residenziale, rispetto all'inizio degli anni '80 con una costante crescita del non-residenziale: nel 1998 la produzione residenziale è stata di circa 170.000 abitazioni per 86 milioni di m³ e ha segnato la fine della domanda primaria di case; la soglia stabile di produzione si aggirerà ormai al di sotto delle 200.000 abitazioni/anno (il 35%

del mercato degli anni '70, attestato su 550.000 abitazioni annue). Per quanto attiene le tipologie, si osserva una vera crisi dell'edilizia residenziale intensiva multipiano; invece, dal 1992 a oggi, pur col dimezzamento del mercato dell'edilizia residenziale, si è visto consolidarsi e crescere il mercato delle costruzioni mono/bifamiliari che rappresentano, per il periodo 1992-95 il 78,3% delle nuove costruzioni abitative; conseguentemente predominano le realizzazioni diffuse extraurbane, pari al 70% delle unità completate;

- la produzione non-residenziale privata è stata, nel 1998, di circa 110 milioni di m³ e ha così superato, come nel 1997, la produzione residenziale: dunque nel mercato delle nuove costruzioni, storicamente dominato dalla domanda di residenza, è avvenuto un cambiamento strutturale che porta l'Italia al livello del più maturo contesto europeo; i settori predominanti sono la grande distribuzione e l'edilizia industriale, con tipologie mono-bipiano (Tab. 4.13);
- nell'edilizia residenziale pubblica il settore trainante è stato quello dell'edilizia ospedaliera, con un aumento del 15% degli investimenti nel 1997, del 12% nel 1998 e una previsione di aumento dell'8,5% nel 1999. I fondi sono stati destinati in buona parte alla costruzione di nuovi padiglioni, ma soprattutto all'ammodernamento delle strutture sanitarie esistenti, con particolare riguardo alla sicurezza degli impianti. L'edilizia scolastica, attualmente in fase stagnante, potrebbe registrare una fase di crescita dal 2000, con la riforma del sistema scolastico che comporterà necessari ampliamenti e adeguamenti delle strutture scolastiche esistenti;

Tabella 4.13 - Fabbricati non residenziali, di nuova costruzione, secondo la destinazione d'uso (ISTAT,1998).

ANNI	AGRICOLTURA		INDUSTRIA E COMMERCIO		COMMERCIO E ALBERGHI		TRASPORTI, CREDITO, ASSICURAZIONI		ALTRO	
	Edifici	M ³	n. edifici	m ³	n. edifici	m ³	n.edifici	m ³	n. edifici	m ³
1993	9.642	10.551.864	4.423	39.089.604	1.387	10.054.218	107	890.467	4.059	6.460.846
1994	10.478	11.204.	4.367	37.695.129	1.327	9.729.809	114	1.104.170	4.185	4.995.534
1995	10.550	12.521.867	5.746	58.594.986	1.455	11.788.027	141	1.194.625	4.014	5.350.584
1996	10.097	12.322.791	5.294	52.380.423	1.335	10.259.420	140	928.801	4.018	5.538.920

Per quanto riguarda le scelte tecnologiche, si osserva che, soprattutto nel settore residenziale, queste rispettano prevalentemente la tradizione costruttiva italiana, coerente con le particolari esigenze climatiche; e quindi con sostanziali garanzie di qualità ambientale. Nel decennio 1987-97, nella produzione complessiva di pareti, coperture a falde e solai si conferma una netta prevalenza delle opere in laterizio che riguardano, nel 1997, l'85,8% delle pareti (72 milioni di m², il 73,6% dei solai (45 milioni di m²), Anche le coperture a falde rappresentano la scelta prevalente, con l'80,93% del mercato (residenziale e non); di queste, il 71,4%, con 29,9 milioni di m², è in laterizio (CRESME,1998b). Nelle strutture predominano quelle a ossatura di c.a. gettato in opera (che presuppongono, in generale, tamponamenti di laterizio), ma vi è anche una consistente percentuale (25%) di strutture in muratura, da mettere in relazione con la ridotta altezza dei fabbricati (Tab. 4.14).

L'elemento che più caratterizza il mercato dell'edilizia dagli anni '80 è la crescita vistosa del recupero. La consistente porzione del patrimonio edilizio italiano con età superiore ai 50 anni (40%) e la tendenza a conservarlo hanno comportato la necessità di interventi di manutenzione straordinaria e di recupero. Il comparto del rinnovo edilizio, rispetto all'intero settore delle costruzioni, costituisce in Italia il principale ambito di investimento, con il 46% degli investimenti

in edilizia nel 1997 e previsioni di ulteriori crescite costanti e significative (circa il 5-6% annuo). Anche se gli effetti del “41%” sono stati al momento inferiori al previsto, si ritiene che questo incentivo fiscale continuerà a sollecitare l’intervento dei privati nell’ambito del recupero degli edifici residenziali. Nel settore non-residenziale, la finanziaria 98 conteneva incentivi per il rinnovo di alberghi, negozi e centri commerciali; per questa ragione l’incremento atteso dell’attività di riqualificazione non residenziale sarà sostenuta, anche nel 1999 (+1,9%).

Tabella 4.14 - Tipologia delle strutture portanti nei fabbricati residenziali di nuova costruzione (ISTAT,1998).

Anni	Pietra e mattoni		Cemento armato				Acciaio		Altra	
	n.edif.	Volume	in opera		prefabbr. e precompr.		n.edifici	volume	n.edif.	volume
			n.edifici	volume	n.edifici	volume	n.edifici	volume	n.edif.	volume
1993	13.221	16.927.585	24.111	55.959.984	736	1.710.786	15	53.954	1.865	2.818.087
1994	14.239	19.351.938	23.113	52.943.379	764	1.680.328	12	8.394	2.043	3.178.143
1995	13.684	17.829.737	21.877	51.134.446	646	1.567.833	16	12.780	2.036	3.074.967
1996	12.939	16.786.019	19.897	45.487.871	651	1.145.570	8	5.235	1.853	2.521.069

Anche se è difficile tratteggiare lo scenario dei primi anni 2000, a causa delle numerose variabili interne ed esterne, riguardo la situazione politico-economica, si può ipotizzare comunque che il recupero continuerà a crescere e, a partire dal 2020 riguarderà l’80% del mercato. Ciò è particolarmente significativo nella valutazione dei rischi di inquinamento indoor perché lo spostamento del mercato, dalla nuova costruzione al recupero, comporta anche una notevole riduzione delle opere murarie (65% nel nuovo, 26% nel recupero), a vantaggio delle opere di finitura e impiantistiche (35% complessivamente nel nuovo, contro il 74% dei costi del recupero), ovvero una predominanza delle parti tecnologiche a maggior rischio di inquinamento interno. Il mercato complessivo (nuovo + recupero) degli anni 2000 vedrà quindi questa ripartizione dei settori produttivi.

Inoltre, spesso gli interventi di recupero sono condotti da Imprese non accreditate e con materiali non testati (Tabella 4.15).

Tabella 4.15 - Comparti di attività edilizia e problemi specifici in relazione all'inquinamento indoor

INTERVENTI EDILIZI	PROBLEMI CON CONSEGUENZE SULL'INQUINAMENTO INDOOR
Nuovo residenziale mono/bifamiliare	<ul style="list-style-type: none"> • Scarso controllo sulle scelte tecniche e sulle scelte dei materiali; • Contatto diretto delle abitazioni con le fonti inquinanti (garage, centrale termica, suolo)
Nuovo residenziale plurifamiliare	<ul style="list-style-type: none"> • Uso di prodotti a basso costo; tecniche di posa accelerate
Nuovo non-residenziale	<ul style="list-style-type: none"> • Eccessiva artificialità (materiali innovativi; scarso rapporto con l'esterno..) • Problemi di gestione, pulizia e manutenzione • Problemi negli impianti di climatizzazione
Rinnovo nel residenziale	<ul style="list-style-type: none"> • Scarso controllo sulle tecniche (rischi di lavoro nero o del "fai da te") • Abuso di tecniche facilitate (adesivi e rivestimenti alto-emissivi) • Prevalenza di interventi sulle finiture (fino al 25%) e nell'impiantistica (sino al 26%)
Rinnovo nel non-residenziale	<ul style="list-style-type: none"> • Uso di materiali di breve vita • Problemi di manutenzione e pulizia • Predominanza di interventi sulle finiture

4.5 - Componenti edilizi e arredi come sorgenti di inquinanti

La responsabilità dei materiali da costruzione e di arredo nel causare l'inquinamento dell'aria interna è notoriamente rilevante, anche se deve essere tenuti in considerazione anche altre cause quali il comportamento degli abitanti e il funzionamento degli impianti.

I materiali e i prodotti edilizi possono peggiorare le condizioni dell'aria interna secondo tre modalità:

- rilasciando direttamente sostanze inquinanti (VOCs, radon, polveri, fibre);
- adsorbendo e successivamente rilasciando sostanze presenti nell'aria e provenienti da altre fonti (p.es. da attività - fumo di tabacco, combustione gas, spray - o da altri prodotti);
- favorendo l'accumulo di sporco, trattenendo umidità (crescita di muffe) o degradandosi.

Pertanto è determinante valutare oltre alla costituzione chimica del prodotto e dei prodotti con cui viene a contatto (p.es. per la posa) , anche le sue caratteristiche, le sue proprietà , le condizioni di uso e il comportamento in presenza di agenti chimici e fisici (Tabelle 4.16, 4.17).

Le norme per regolare le proprietà dei materiali da costruzione sono stabilite dalla direttiva CEE 89/106 sui prodotti da costruzione. Un documento interpretativo di questa Direttiva (CEC,1993) specifica quali requisiti applicare ai prodotti da costruzione e quali materiali da costruzione siano essenziali per rispettare igiene, salute e ambiente. Un requisito menzionato nel documento concerne "un ambiente interno salubre per gli occupanti" e specifica che uno dei modi per conseguire questo obiettivo è il controllo delle fonti, eliminando o limitando il rilascio degli inquinanti nell'aria. In accordo col documento interpretativo, comunque, un prerequisito per attuare il controllo della sorgente è la formulazione di specificazioni tecniche unificate per la misurazione di inquinanti ed emissioni. Purtroppo queste specificazioni non sono ancora utilizzabili, ma la Commissione Tecnica 264 (Air Pollution Control) dell' European Standardization Committee (CEE) ha incaricato un gruppo di lavoro (WG7) di preparare un metodo standardizzato.

L'obiettivo, comunque, non è di mettere al bando alcuni materiali, ma di promuovere la diffusione

di quei prodotti da costruzione che abbiano solo effetti trascurabili sulla salute e sul comfort. Per raggiungere questo obiettivo può essere promosso un sistema di (labelling) etichettatura “positiva” che identifichi i prodotti “salubri” (ECA-IAQ, 1997).

Tabella 4.16 - Rischi di inquinamento interno in relazione alle caratteristiche dei prodotti e alle condizioni ambientali e d'uso

Caratteristiche costitutive e d'uso	Fattori di rischio	Rischi per l'IAQ
Costituzione del materiale <ul style="list-style-type: none"> • materiali naturali • materiali chimici 	<ul style="list-style-type: none"> • presenza di nutrimento (carta, lignina, caseina..) per le formazioni fungine • composti organici volatili 	<ul style="list-style-type: none"> • muffe e funghi in caso di elevata umidità • emissioni di VOC a meno di 6 settimane dalla posa o con temperatura e/o umidità elevate)
Porosità della massa	<ul style="list-style-type: none"> • presenza di cavità e microcavità 	<ul style="list-style-type: none"> • presenza e rilascio di particolato • effetto spugna
Porosità o irregolarità della superficie (Fleecy factor)	<ul style="list-style-type: none"> • difficoltà di pulizia • adsorbimento di acqua durante le operazioni di pulizia • adsorbimento di VOC 	<ul style="list-style-type: none"> • inquinanti biologici: formazioni fungine e presenza di acari e parassiti • rilascio dei VOCs assorbiti
Comportamento in presenza di umidità	<ul style="list-style-type: none"> • perdita del potere isolante • degrado del materiale 	<ul style="list-style-type: none"> • formazione di muffe • rilascio di particolato
Stoccaggio non ventilato del materiale	<ul style="list-style-type: none"> • imballaggio immediato alla produzione 	<ul style="list-style-type: none"> • emissione concentrata di VOC all'atto dello sballaggio in cantiere
Tecniche di posa in opera	<ul style="list-style-type: none"> • con adesivi a base di solventi • a umido, con malte cementizie • a secco 	<ul style="list-style-type: none"> • emissioni di VOCs • umidità trattenuta. Emissioni di VOCs • alloggiamento di polveri e parassiti
Condizioni di uso	<ul style="list-style-type: none"> • contatto diretto con gli abitanti • elevata estensione della superficie esposta (m^2/m^3) (load factor) • usura in relazione all'impiego • igiene e pulibilità in opera 	<ul style="list-style-type: none"> • massimo rischio espositivo • rilascio di particolato • formazioni microbiologiche
Esposizione del prodotto	<ul style="list-style-type: none"> • esposizione a moti convettivi dell'aria • esposizione all'umidità e a temp. elevate • esposizione all'irraggiamento solare • esposizione ad agenti chimici e biologici 	<ul style="list-style-type: none"> • trasporto di sostanze inquinanti emissioni di VOC, formazioni microbiolog. • rilascio di sostanze chimiche • degrado del materiale
Manutenzione e pulizia	<ul style="list-style-type: none"> • inaccessibilità degli elementi • difficoltà di sostituzione dei prodotti degradati • necessità di detergenti o cere • necessità di rifare gli strati superficiali 	<ul style="list-style-type: none"> • deposito di polveri; • permanenza di elementi ammalorati • emissioni di VOCs • emissioni di VOCs

Tabella 4.17 - Rischi di inquinamento interno in relazione ai diversi elementi della costruzione

Elemento tecnico	Problemi	Rischi IAQ
Solaio contro terra	Difetti nell'impermeabilizzazione	Infiltrazioni di acqua
	Fessurazioni e microfessurazioni	Infiltrazioni di radon
	Assorbimento da parte del materiale di fondazione	Assorbimento di benzene e altri contaminanti chimici e biologici dal suolo
Strutture	Trasmissione vibrazioni	Trasmissione vibrazioni agli altri elementi della costruzione, con conseguenti fessurazioni
	Infiltrazione di gas e liquidi	Risalita radon e altri contaminanti
	Protezione antincendio	Rilascio fibre ed emissioni chimiche
	Additivazione chimica nel getto	Emissione VOC
Chiusure verticali e orizzontali	Degrado dei materiali	Rilascio particolato
	Assorbimento o infiltrazioni umidità	Formazione muffe, emissioni VOC
	Isolanti termoacustici	Rilascio particolato, emissioni VOC
	Mancata traspirazione del vapore	Formazione condensa, muffe
Finiture interne		
Vernici e adesivi	Contenuto in solvente	Emissione VOC
Rivestimenti cartacei	Assorbimento umidità	Rilascio particolato, formazione di muffe
Rivestimenti lignei	Trattamento superficiale, impregnanti	Emissione VOC
Rivestimenti resilienti	Usura, costituzione chimica	Emissione VOC
Rivestimenti tessili	Pulizia (contenuto in umidità e polveri)	Inquinanti biologici
Controsoffitti e pavimenti sopraelevati	Inaccessibilità alla pulizia	Trattenimento e rilascio polveri
Arredi		
Elementi in legno truciolare	Leganti a base di formaldeide	Emissione di formaldeide
Imbottiti	Assorbimento umidità e inquinanti	Emissione VOC, fibre e inquinanti assorbiti
Vernici, collanti	Contenuto in solventi	Emissione VOC

4.6 - Rimozione e diluizione degli inquinanti

Le strategie utilizzate per l'ottenimento di una buona IAQ sono essenzialmente tre (De Santoli e Fracastoro, 1998):

- controllo delle sorgenti inquinanti
- rimozione degli inquinanti alla fonte
- introduzione di aria esterna (ventilazione) al fine di diluire gli inquinanti.

Del controllo delle sorgenti inquinanti si è parlato al punto 4.5; qui ci si sofferma sulle altre due strategie.

Rimozione degli inquinanti alla fonte

Si ricorre a questo metodo operativo qualora la produzione di inquinanti, oltre che abbondante, risulti ben localizzata. I sistemi locali di estrazione sono pertanto molto comuni negli ambienti dove c'è una produzione elevata e concentrata nel tempo di inquinanti. Sono usati per eliminare gli inquinanti direttamente dalla sorgente che li produce. Si tratta in genere di ventilatori in grado di

gettare l'aria contaminata direttamente verso l'esterno: in pratica andrebbero resi obbligatori nelle cucine e nei servizi igienici sulle pareti, sulle finestre o all'interno delle cappe. Il funzionamento è, in genere, intermittente e può prevedere l'utilizzo di un opportuno interruttore a tempo o di un sensore per garantire il controllo automatico.

All'estrattore è accoppiata talvolta una cappa, apparecchiatura di captazione degli inquinanti. La cappa infatti è un sistema in grado di attirare a sé il contaminante, o anche inglobarne del tutto la sorgente; il contaminante, poi, può essere o convogliato verso un filtro o un'ulteriore apparecchiatura che ne abbatta la concentrazione fino a livelli accettabili per l'esterno, oppure direttamente espulso fuori dall'ambiente confinato. Esistono diversi tipi di cappe, che si differenziano tra loro a seconda delle applicazioni. Ad esempio, nel caso di laboratori in cui si utilizzano sostanze tossiche o pericolose, si devono adottare delle cappe che contengano completamente la sorgente inquinante.

Gli aspetti positivi conseguiti con l'utilizzo di sistemi di estrazione sono due: il primo è dovuto al fatto che questi sistemi eliminano direttamente gli inquinanti alla fonte che li produce, evitando la miscelazione di questi con l'aria dell'ambiente interno; il secondo invece è dovuto al fatto che le cappe generando una depressione favoriscono il ricambio dell'aria attraverso i serramenti esterni o più in generale attraverso le aperture dell'edificio.

Nel caso del radon proveniente dal suolo, la rimozione dell'inquinante può avvenire mediante sistemi di depressurizzazione del suolo o del vespaio o attraverso la ventilazione forzata o naturale del vespaio.

Diluizione degli inquinanti

Il meccanismo fisico con cui la ventilazione riduce la concentrazione di inquinanti è quello, ben noto, della diluizione. Da un bilancio di materia sull'ambiente, di volume V , con riferimento ad un contaminante j risulta che, a regime permanente tra la portata d'aria esterna, Q , la produzione del contaminante nell'ambiente, q_j , e la differenza tra la concentrazione del contaminante nell'ambiente, C_j , e la concentrazione dello stesso contaminante all'esterno, $C_{j,e}$, sussiste la relazione

$$Q = q_j / (C_j - C_{j,e})$$

Questa relazione evidenzia che per una certa produzione di inquinante la concentrazione dell'inquinante nell'ambiente è tanto minore quanto maggiore è la portata d'aria esterna.

La ventilazione può essere naturale o forzata. Nella maggior parte dei casi, certamente nella maggior parte degli ambienti residenziali, la ventilazione è naturale.

La ventilazione naturale è governata da due fattori fondamentali: le differenze di pressioni e di temperature tra interno ed esterno. Negli ambienti caratterizzati da ventilazione naturale, il ricambio d'aria dipende dalla permeabilità all'aria degli infissi. A tale riguardo, c'è da notare che a partire dagli anni settanta, quando si verificò un notevole aumento del costo dell'energia, nel nostro Paese si è stati indotti a ridurre le portate di ventilazione negli ambienti confinati, dal momento che queste comportano una dispersione di energia. Ciò ha contribuito ad installare serramenti esterni a tenuta quasi perfetta, ottenendo da un lato una riduzione delle dispersioni e delle spese energetiche e contemporaneamente un miglioramento dell'isolamento acustico, dall'altro una diminuzione delle portate d'aria e quindi un aumento della concentrazione degli inquinanti. Esiste sull'argomento una norma UNI (UNI, 1979) che classifica gli infissi e stabilisce quale deve essere la loro permeabilità all'aria, ma viene sistematicamente disattesa anche da chi ha precise responsabilità. Per garantire una buona IAQ andrebbero rese obbligatorie quelle griglie di aerazione che si inseriscono negli

infissi e forniscono la voluta portata di ventilazione (indipendentemente dalle condizioni meteorologiche esterne) senza provocare fastidiose correnti d'aria. Questi componenti, molto diffusi in alcuni paesi europei, non sono praticamente utilizzati in Italia.

Nel caso della ventilazione forzata, o meccanica, una portata d'aria viene introdotta meccanicamente, mediante l'utilizzo di ventilatori, all'interno dell'ambiente. L'impianto si dice semplicemente *di ventilazione* se l'aria che viene fornita all'ambiente non viene in alcun modo trattata; *di termoventilazione* se l'aria viene riscaldata o raffreddata, a seconda della stagione; *di condizionamento* se è l'impianto è in grado di riscaldare e di umidificare l'aria nella stagione invernale e di raffreddarla e deumidificarla in quella estiva.

Al fine di evitare l'immissione di aria esterna inquinata, a monte dell'impianto di ventilazione va usato un sistema di filtrazione e le prese d'aria devono essere localizzate lontano dalle sorgenti inquinanti (in particolare devono essere evitate collocazioni al livello della strada, nei pressi di un area di parcheggio ed in corrispondenza di bocchette di estrazione).

Per quanto riguarda le residenze, i sistemi di ventilazione presenti si riducono essenzialmente alle seguenti tipologie.

La ventilazione naturale; l'aria viene immessa attraverso le aperture esistenti nell'involucro edilizio. La relazione tra la percentuale di apertura delle finestre e la temperatura dell'aria esterna dipende ovviamente dal comportamento dell'utenza.

La ventilazione per effetto camino. E' possibile in questo caso calcolare la portata d'aria che per differenza di temperatura viene espulsa verso la parte alta dell'ambiente, e anche quella invece immessa in ambiente per l'azione del vento.

La ventilazione con estrazione forzata;

La ventilazione meccanica.

Una approssimata distribuzione dei sistemi che attualmente sono presenti nelle abitazioni nella Comunità Europea e in USA viene riportata nella Tabella 4.18.

Tabella 4.18 – Distribuzione dei sistemi di ventilazione attualmente presenti nelle residenze.

Nazione	Abitazioni singole				
	Aperture	Effetto camino	Effetto camino + cappe	Estrazione	HVAC
Belgio	100				
Canada		15	85		
Danimarca				48	2
Francia	40	15	20	22	3
Italia	80		10	10	
Olanda		62		38	
Norvegia			80	15	5
Svezia		12	63	14	11
Svizzera	70		30		
UK		95	5		
USA	60			40	

Recentemente si vanno diffondendo due particolari tipi di impianti di ventilazione meccanica:

- impianto di ventilazione per dislocazione

- impianto DCV (Demand Controlled Ventilation).

La ventilazione per dislocazione (o per spostamento) è una forma di ventilazione in cui l'aria in ingresso "sposta" l'aria presente nell'ambiente piuttosto che, come avviene negli impianti di ventilazione ordinari, mescolarsi con essa. Per esempio d'estate l'aria, che viene introdotta dal basso ed a velocità molto limitate (da 0,1 a 0,3 m/s), viene preventivamente condizionata ad un valore di temperatura di 2 o 3 °C inferiore rispetto a quello della temperatura ambiente del locale; gli effetti gravitazionali costringono l'aria entrante a strisciare a livello del pavimento fino a che essa non raggiunge una sorgente termica (un occupante, un carico elettrico, ecc.): l'aria, quindi, risale lungo la sorgente di calore e raggiunge la zona di maggiore produzione di contaminanti per essere poi immediatamente estratta dall'alto. Il vantaggio di questo tipo di impianto sta nel fatto che l'aria viene estratta subito dopo aver asportati i contaminanti, laddove negli impianti tradizionali l'aria immessa si mescola con quella ambiente, rimescolando anche i contaminanti.

Un impianto DCV (*Demand Controlled Ventilation* ovvero *Ventilazione controllata a domanda*) è un sistema di ventilazione meccanico in cui la portata di ventilazione è adattata all'effettiva domanda che è funzione del tasso di inquinamento presente istante per istante nell'ambiente. Il suo principio di funzionamento è basato sull'utilizzo di un sensore che misura la concentrazione dell'inquinante (o in linea di principio degli inquinanti) scelto: ad esempio, se si vuole che la portata di ventilazione sia funzione del livello di bioeffluenti presenti nell'ambiente, il sensore valuterà il livello della CO₂ ed in base a questo l'impianto regolerà la portata di ventilazione. Idealmente, sarebbe necessario un sensore "totale", in grado, cioè, di monitorare tutti gli inquinanti e di reagire non appena la concentrazione di qualcuno di essi ecceda la predeterminata soglia di discomfort o di sicurezza; in realtà, la tecnologia non ha ancora messo a disposizione degli strumenti che consentono di mettere in pratica questa idea, anche a causa degli elevati costi. L'uso dei sistemi DCV si è dimostrato perciò particolarmente efficace in tutti i casi in cui è possibile identificare un inquinante dominante. In particolare si va sempre più diffondendo negli edifici residenziali a rischio di condensa e nelle piscine dove si controlla l'umidità, negli ambienti occupati solo periodicamente (sale conferenze, biblioteche, etc.) dove si controlla l'anidride carbonica, nei parcheggi e nei garages dove si controlla l'ossido di carbonio. Evidentemente questo tipo di impianto comporta dei grossissimi vantaggi a livello di risparmio energetico e quindi dal punto di vista economico.

4.7 - Rapporto tra ventilazione e IAQ

La ventilazione ha il compito di *diluire* gli inquinanti o di rimuoverli il più efficacemente possibile. Se parte dell'aria di ventilazione viene estratta dal locale prima di aver diluito gli inquinanti prodotti al suo interno, la portata d'aria immessa, pur in presenza di un tasso di ricambio teoricamente adeguato, non sarà impiegata in modo ottimale o addirittura potrebbe non essere idonea alla sua funzione di assicurare buona qualità dell'aria (De Santoli, Fracastoro, 1998).

Le prestazioni di un sistema di ventilazione (naturale o forzata) non possono dunque essere espresse soltanto attraverso la portata o il tasso di ricambio dell'aria. Infatti, a parità di tali valori, variando ubicazione e dimensioni della rete di distribuzione e immissione dell'aria è possibile ottenere modalità diverse di *rimozione degli inquinanti*.

L'espressione utilizzata per il calcolo della portata di ventilazione si basa sulla determinazione di diversi fattori (ASHRAE 62/89, CEN prENV1752):

- il quantitativo di portata di contaminante emesso dalle persone e dalle cose;
- la concentrazione interna *ammessa* del contaminante analizzato; occorre conoscere *quale* contaminante si presceglie e qual è il relativo *target* di riferimento;
- la concentrazione di inquinante dell'aria immessa in ambiente;
- l'efficienza di ventilazione, che è una misura della capacità dell'impianto di rimuovere un dato inquinante dall'ambiente; essa è pertanto legata sia alle prestazioni dell'impianto che alle modalità di rilascio dell'inquinante (collocazione delle sorgenti, caratteristiche dell'emissione, ecc.). Individuare tale parametro – tipicamente definito solo quando il sistema di distribuzione e di diffusione dell'aria è complessivamente installato - in sede progettuale è pertanto oltremodo complesso.

Il principale indicatore quantitativo delle prestazioni di un impianto di ventilazione è la *portata d'aria esterna* (Q) introdotta in ambiente. Normalizzando tale valore, espresso di solito in m^3/h , rispetto al volume V dell'ambiente, si ricava il cosiddetto *tasso di ricambio orario dell'aria* (n), espresso in h^{-1} .

Il tasso di ricambio orario dell'aria rappresenta la frequenza con cui il volume di aria dell'ambiente viene ricambiato con aria esterna. L'inverso di n è pertanto un tempo, detto *costante di tempo nominale* del locale:

$$\tau_n = 1/n = V/Q$$

La definizione di n non deve indurre a pensare che *tutta* l'aria di un locale venga ricambiata n volte in un'ora; ciò sarebbe vero soltanto se l'aria immessa si mescolasse perfettamente con tutta l'aria ambiente. In realtà l'unica cosa certa è che in un'ora viene immessa e sottratta dall'ambiente una portata d'aria pari a n volte il volume dell'ambiente.

E' spesso opportuno non mantenere costante la portata di ventilazione durante il giorno, ma adeguarla al carico inquinante prodotto e al profilo di utilizzo del locale. In questo modo si ottimizza la qualità dell'aria con il minimo consumo energetico.

La ventilazione ha il compito di *diluire* gli inquinanti (sistemi a *miscelazione*) o meglio ancora di rimuoverli il più efficacemente possibile (sistemi a *dislocazione*, o *rimozione*). Se parte dell'aria di ventilazione viene estratta dal locale prima di aver diluito gli inquinanti prodotti al suo interno (caso di *ventilazione in corto-circuito*) la portata d'aria immessa, pur in presenza di un tasso di ricambio teoricamente adeguato, non sarà impiegata in modo ottimale.

Le prestazioni di un sistema di ventilazione (naturale o forzata) non possono dunque essere espresse soltanto attraverso la portata o il tasso di ricambio dell'aria. Infatti, a parità di tali valori, variando ubicazione e dimensioni delle bocchette di estrazione/ventilazione è possibile ottenere modalità diverse di *distribuzione spaziale dell'aria* e di *rimozione degli inquinanti*.

Il secondo importante aspetto, ovvero la capacità dell'impianto di rimuovere gli inquinanti prodotti in ambiente, viene descritto in modo sufficientemente completo attraverso un indicatore denominato *efficienza di ventilazione*.

Per caratterizzare tale ricambio d'aria (effetto delle aperture delle finestre, ma delle infiltrazioni attraverso l'involucro) sono state individuate tecniche di misura e di modellazione numerica. Una delle tecniche di misura più utilizzate (ad esempio nella norma ISO/DIS 12569:97E) fa ricorso ai gas traccianti (a portata costante, o a concentrazione costante).

Queste tecniche risultano molto utili per esempio per valutare in campo la permeabilità degli infissi e per valutare l'efficienza delle cappe dei laboratori. Valutazioni che però non vengono mai eseguite e che forse andrebbero imposte. In particolare, per le cappe andrebbero imposte verifiche periodiche con frequenza funzione della pericolosità delle sostanze trattate nel laboratorio.

In generale andrebbero indicati dei protocolli da seguire per la valutazione delle condizioni igieniche degli ambienti, delle quali per esempio la 626/94 parla solo in termini generici.

4.8 - Valutazione dell'IAQ

La caratterizzazione e il monitoraggio dell'inquinamento di un ambiente interno richiede la misura della concentrazione dei contaminanti presenti nell'aria (Moncada et al, 1995, De Santoli et al., 1998). Allo stato attuale sono proposte in letteratura le concentrazioni limite o accettabili per i contaminanti degli ambienti interni.

Appare opportuno segnalare che i limiti proposti per i lavoratori in ambienti industriali (NIOSH, ACGIH, ecc.), che per un gran numero di composti riportano le concentrazioni massime ammissibili ed i relativi tempi di esposizione (TLV, Treshold Limit Values), sono di normale utilizzo nella progettazione e nella verifica dei sistemi di ventilazione in un contesto industriale ma non possono essere impiegati per il controllo dell'inquinamento in ambiente indoor relativo alle residenze, agli uffici e in generale in ambienti del terziario, in quanto in ambito indoor:

- * vanno prevenuti gli effetti delle sostanze contaminanti sul comfort, come odori poco piacevoli e leggere irritazioni;
- * i tempi di esposizione sono generalmente superiori alle otto ore previste per gli ambienti industriali;
- * gli occupanti sono anche persone a rischio (anziani, bambini).

Si segnala che viene suggerito di considerare l'odore prodotto dalle sostanze inquinanti come indicatore della qualità dell'aria e ciò ha alcuni vantaggi, anche se alla sensazione olfattiva possono sfuggire alcune sostanze fortemente dannose per l'uomo (CO, radon). La sensazione olfattiva può pertanto rendere possibile il rilevamento e l'eliminazione delle sostanze potenzialmente dannose già a concentrazioni molto al di sotto dei livelli di pericolo per la salute, e per tale motivo l'approccio sensoriale può essere utilizzato come indicatore della qualità dell'aria interna a complemento dei metodi fisici e chimici utilizzati tradizionalmente nella misura dell'esposizione (Fanger, 1988).

4.9 - Standards sulla ventilazione

Un aspetto importante nelle Normative riguardanti la ventilazione è quello della portata minima di ventilazione che deve essere assicurata negli ambienti interni.

Il *metodo prescrittivo* descritto in ASHRAE 62-89R (una proposta di revisione della ASHRAE 62/89 poi abbandonata) indica una portata di ventilazione minima per persona (per l'attività inquinante degli occupanti) e una minima portata di ventilazione individuata per unità di superficie in pianta (per tener conto del carico di inquinamento da materiali); le due portate di ventilazione si sommano. Nella precedente ASHRAE 62-89, invece, la portata minima di ventilazione è riferita solo alle persone.

In CEN prENV 1752 (la proposta di normativa bocciata dalla Comunità Europea e pubblicata come *technical report*) la portata minima di ventilazione è calcolata tenendo conto sia delle persone presenti che delle emissioni dei materiali; solamente se l'edificio non emette alcun inquinante (*low polluting building*) la portata viene calcolata solo in base alle persone presenti.

In DIN 1946 occorre prendere il valore più alto tra quelli riferiti alle persone e la superficie in pianta dell'ambiente considerato. Nelle guida del CIBSE, invece, i requisiti di ventilazione minima vengono forniti solo in relazione alle persone. In questa Guida è prevista una portata minima di ventilazione pari a 8 L/s per persona.

In una raccomandazione scandinava, NKB-6 del 1991, si raccomanda di calcolare la portata di ventilazione per persona (3,5 L/s pers) e di sommare a questa una portata riferita alla superficie in pianta (0,7 L/s m²), con la portata complessiva che in ogni caso non deve essere inferiore al valore di 7 L/s per occupante.

La Normativa UNI 10339 fornisce le portate da assegnare in base al numero di persone presenti a seconda della tipologia funzionale degli edifici.

Sia nel prENV 1752 che nella revisione ASHRAE 62-89R è presente, accanto al metodo prescrittivo, una modalità *prestazionale* di calcolo delle portate di ventilazione. Inoltre, in tutti gli standard è presente una procedura analitica con la quale viene calcolata la portata di ventilazione o sulla base del comfort o sulla base della salute. Il valore più alto ottenuto, che verosimilmente risulterà essere quello relativo alle condizioni di comfort, sarà quello da utilizzare in sede progettuale. La base per il calcolo di tale portata è quella relativa ad un bilancio di massa.

I requisiti fondamentali delle norme citate sono riassunti nella Tabella 4.20.

Tabella 4.20 requisiti fondamentali delle norme citate

Ambiente	Standard	Classe	Persone R_P L/s pers	EDIFICIO basso inquin L/s m ² .	EDIFICIO R_B L/s m ²	EDIFICIO alto inquin. L/s m ²	EDIFICIO R_{SB} L/s m ²
Uffici	prENV 1752 (96)	A	10	1.0		2.0	
		B	7	0.7		1.4	
		C	4	0.4		0.8	
	DIN 1946 (94)		11				1.11
	ASHRAE 62 (rev. 96)		3.0		0.35		0.66
	ASHRAE 62 - 89		10				
	NKB - 61 (91)		3.5				0.7
OpenSpace	prENV 1752	A	10	1.0		2.0	
		B	7	0.7		1.4	
		C	4	0.4		0.8	
	DIN 1946		16.6				1.67
	ASHRAE 62 (rev. 96)		3.0		0.35		0.65
	ASHRAE 62 - 89		10				
	NKB - 61 (91)		3.5				0.7
Sala conferenze	prENV 1752	A	10	1.0		2.0	
		B	7	0.7		1.4	
		C	4	0.4		0.8	
	DIN 1946		5.6				2.7 - 5.6
	ASHRAE 62 (rev. 96)		2.5		0.35		1.6
	ASHRAE 62 - 89		10				
	NKB - 61 (rev. 93)		3.5				0.7
Scuole	PrENV 1752	A	10	1.0		2.0	
		B	7	0.7		1.4	
		C	4	0.4		0.8	
	DIN 1946		8.3				4.2
	ASHRAE 62 (REV.96)		3.0		0.55		1.8
	Aule	ASHRAE 62 - 89		8			
	NKB - 61 (91)		3.5				0.7
Aule	CIBSE – Guide A (rev. 93)		8				
	UNI 10339 (rev.1995)		7				

Nella Figura 4.1 sono riportati schematicamente i metodi alla base per il calcolo delle portate di ventilazione.

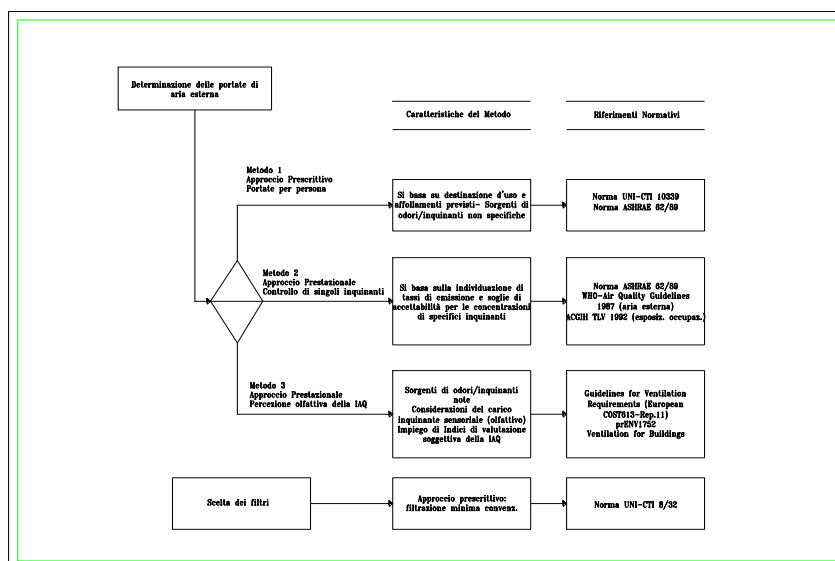


Figura 4.1– Procedura per la determinazione delle portate di aria esterna

4.10 - Influenza degli altri fattori microclimatici

Come è noto la qualità dell'aria, o più correttamente la qualità degli ambienti confinati, è influenzata anche dai fattori microclimatici. Negli ultimi trenta anni, grazie alla ricerca nel settore della fisiologia della termoregolazione ed alle conoscenze di scambio termico e di termodinamica applicata, il settore del microclima ha avuto un considerevole sviluppo, soprattutto per quanto riguarda gli ambienti moderati per i quali sono stati proposti indici che permettono di quantificare il grado di discomfort termico.

La materia, ormai consolidata, è stata tradotta dall'ISO nella norma ISO 7730 (1994), norma che nel 1995 il CEN ha fatto poi propria e che nel settembre del 1997 è stata pubblicata in italiano come UNI-EN-ISO 7730 (UNI, 1997). In base a questa norma perché ci sia comfort termico per attività leggere principalmente sedentarie devono essere rispettate le condizioni riportate in Tabella 4.21.

Tabella 4.21 - Condizioni per il comfort termoigrometrico per attività sedentaria o leggera ($M \leq 1,2$ met) e per persone sedute secondo la norma UNI-EN-ISO 7730.

Grandezza	Condizione	PD o PPD (%)
PMV	$-0,5 \leq PMV \leq 0,5$	10
$\Delta t_{a,v}$	$(t_{a,1,1} - t_{a,0,1}) \leq 3^{\circ}\text{C}$	≤ 5
$\Delta t_{pr,0,6}^2$	$\Delta t_{pr,0,6,h} \leq 10^{\circ}\text{C}$ $\Delta t_{pr,0,6,v} \leq 5^{\circ}\text{C}$	≤ 5
t_p	$19 < t_p \leq 26^{\circ}\text{C}^3$	≤ 10
V_a	$DR \leq 15\%$	≤ 15

Nella Tabella 4.21 sono indicati i seguenti parametri:

PMV (*Predicted Mean Vote*, ovvero Voto Medio Previsto) è l'indice dovuto a Fanger (1970) per il quale vale la seguente relazione funzionale:

$$PMV = f(I_{cl}, M, t_a, t_r, f, v_a)$$

con

I_{cl} = isolamento termico dell'abbigliamento, clo o $\text{m}^2\text{K/W}$,

M = metabolismo energetico, W/m^2 o met,

² Solo in inverno

³ In caso di pavimenti riscaldati, il limite superiore dell'intervallo di accettabilità diventa 29°C .

t_a	=	temperatura dell'aria, °C,
t_r	=	temperatura media radiante, °C,
ϕ	=	grado igrometrico, adim.,
v_a	=	velocità dell'aria, m/s,

$\Delta t_{a,v}$ è la differenza in verticale della temperatura dell'aria, misurata tra le quote di 0,10 e 1,10 m dal pavimento,

Δt_{pr} è l'asimmetria della temperatura piana radiante in una certa direzione, data dalla differenza tra le temperature piane radianti nei due versi di quella stessa direzione, $t_{pr,+}$ e $t_{pr,-}$ ovvero

$$\Delta t_{pr} = t_{pr,+} - t_{pr,-}$$

e va valutata a 0,60 m dal pavimento sia in direzione orizzontale (h) che in direzione verticale (v),

t_p è la temperatura del pavimento,

l'indice *DR* (*Draft Risk* ovvero Rischio da Corrente d'aria) è dato dalle seguenti relazioni:

$$\text{per } v_a \geq 0,5 \text{ m/s: } DR = (34 - t_a)(v_a - 0,05)^{0,62}(0,37v_a Tu + 3,14)$$

$$\text{per } v_a < 0,5 \text{ m/s: } DR = 0$$

essendo, a sua volta Tu , intensità di turbolenza, espresso in percentuale, dato dalla relazione

$$Tu = \frac{SD}{v_a} \Bigg| 100$$

con SD = deviazione standard della velocità, m/s,

PD e *PPD* (*Percentage of Dissatisfied* e *Predicted Percentage of Dissatisfied*) rappresentano la percentuale di persone che si prevedono in discomfort.

Nella Tabella 4.21 la prima riga si riferisce alla condizione di comfort termico globale, le altre a quelle di comfort termico localizzato (Alfano et al., 1997). La Tabella non riporta alcuna limitazione sul grado igrometrico; infatti, la stessa UNI-EN-ISO 7730 prescrive che sia compreso tra 0,30 e 0,70, precisando che si tratta di una condizione necessaria non per il benessere termico ma per la qualità dell'aria dal momento che:

- per $\phi < 0,30$ si hanno fenomeni di elettrizzazione e si seccano le mucose, con diminuzione delle difese da germi e batteri,
- per $\phi > 0,70$ aumentano i rischi di allergia e le probabilità che sui punti freddi si formi condensa, con conseguente sviluppo di muffe.

C'è da ricordare che la valutazione delle variabili indipendenti del discomfort termico è normalizzato da tre norme:

- la UNI-EN 27726 (UNI, 1995) che fissa le caratteristiche di precisione e di costante di tempo

degli strumenti necessari per la valutazione delle grandezze fisiche e indica anche le modalità di misura,

- la UNI-EN 28996 (UNI 1996) che si occupa della misura e della determinazione da tabelle del metabolismo energetico,
- la EN-ISO 9920 (EN 1999) che si occupa della misura e della determinazione da tabelle dell'isolamento termico dell'abbigliamento.

Si noti che la normativa di questo settore, pur essendo molto specifica e particolareggiata, è poco conosciuta e soprattutto poco applicata. probabilmente andrebbe richiamata esplicitamente in una revisione della 626/94.

4.11 - Progettazione, gestione e manutenzione dei sistemi HVAC

Le conseguenze di una cattiva manutenzione delle apparecchiature di condizionamento e in particolare delle canalizzazioni dell'aria sulla qualità dell'aria interna sono in molti casi gravi; inoltre spesso si è riscontrata l'esistenza di microrganismi e di agenti patogeni trasmessi negli ambienti condizionati proprio attraverso le reti di distribuzione.

E' frequente il caso in cui i problemi di manutenzione derivano da errori progettuali, e diviene dunque molto problematico, se non addirittura impossibile, intervenire sui sistemi aeraulici installati.

Trascurare la manutenzione dei filtri comunemente utilizzati negli impianti di climatizzazione (di solito con valori di efficienza ponderale⁴ non superiore all'80%) provoca un notevole accumulo di polveri e scorie che viene direttamente messo in circolazione attraverso le canalizzazioni di distribuzione dell'aria. Inoltre ciò determina maggiori costi di funzionamento poiché aumenta la resistenza incontrata dall'aria, una più bassa efficienza delle batterie di scambio termico, un incremento dei rischi di incendio e corrosione.

Risulta pertanto importante, in fase di progettazione o di ristrutturazione, seguire le indicazioni fornite da tutta una serie di progetti di norma e di documenti emanati a livello internazionale, finalizzati alla corretta progettazione ed installazione delle canalizzazioni dell'aria.

Ai fini di una buona manutenzione delle condotte dell'aria, occorre progettare, costruire ed installare i sistemi aeraulici tenendo anche presente le esigenze manutentive, ovvero (Moncada, De Santoli, 1999):

- prendere in esame la possibilità di drenare efficacemente i fluidi usati per la pulizia;
- evitare di collocare l'isolamento termico all'interno delle condotte, considerata la difficoltà di pulire in modo efficace l'isolamento stesso;
- dotare a monte e a valle degli accessori posti sui condotti (serrande, scambiatori, ecc.) di apposite aperture, di dimensioni idonee a consentire la loro pulizia, e di raccordi tali da consentirne un rapido ed agevole smontaggio e rimontaggio, assicurandosi che siano fornite accurate istruzioni per il montaggio e lo smontaggio dei componenti

⁴ L'efficienza ponderale risulta come rapporto tra la quantità in massa di un materiale di riferimento (polvere sintetica) che attraversa il filtro rispetto a quella che lo investe.

- utilizzare materiali sufficientemente solidi per i condotti flessibili, tali da permetterne la pulizia meccanica;
- utilizzare terminali (bocchette, anemostati) smontabili.
- prevedere le ispezioni al di fuori delle aree di lavoro (ad esempio, nei corridoi), in modo da non interferire con il normale svolgere delle attività lavorative negli ambienti;
- dotare il sistema di aperture per la manutenzione. Le dimensioni delle aperture e la localizzazione delle stesse devono essere chiaramente indicate negli elaborati di progetto.

Durante l'esercizio dell'impianto è importante eseguire controlli periodici per rilevare la presenza o meno di sporcizia. Nel caso, poi, di un intervento di pulizia, occorre assicurarsi successivamente che le sostanze usate siano rimosse completamente dal sistema.

Nel seguito sono elencate sommariamente alcune elementari raccomandazioni per risolvere i problemi che possono verificarsi nelle varie parti del circuito aeraulico, così come anche indicato nel documento CEN/TC 156/WG3 n.71/91.

Silenziatori

I materiali fonoassorbenti impiegati di solito sono del tipo poroso e fibroso, e quindi particolarmente adatti a trattenere lo sporco e di difficile pulizia. Si raccomanda quindi l'impiego di finiture superficiali che limitano tali inconvenienti, anche se questo porta ad una maggiore estensione delle superfici e quindi a costi più elevati. Inoltre si raccomanda di osservare le distanze consigliate dai costruttori tra tali dispositivi e gli umidificatori.

Prese d'aria esterna

Le prese d'aria esterna, se poste su pareti verticali non protette, devono essere dimensionate per velocità non superiori a 2 m/s e devono essere dotate di efficaci sistemi per evitare che l'acqua penetri al loro interno.

Dispositivi terminali

I terminali devono essere facilmente accessibili e smontabili per consentirne la pulizia senza che tali azioni ne modifichino la regolazione (apertura e direzione delle alette).

Filtri

Il costo di una filtrazione più efficace è molto inferiore a quello della pulizia dei componenti delle reti di distribuzione. Si consiglia pertanto di installare filtri di classe Eurovent EU7⁵ a monte delle unità di trattamento dell'aria e ulteriori filtri di classe EU8/9 a valle di dette unità e comunque a valle degli eventuali silenziatori. Sui sistemi di ripresa dell'aria dovrebbero essere installati filtri almeno di classe EU7. Si raccomanda, ovviamente, una regolare pulizia e ricambio dei filtri.

⁵ La classificazione Eurovent EU prevede 14 classi di filtrazione con efficienze via via crescenti fino a EU14 (filtri per sale operatorie e camere bianche).

Batterie di scambio termico

Le batterie possono dar luogo a emissione di odori a causa delle incrostazioni che si formano sulle superfici interne, soprattutto nel caso di batterie calde. Per minimizzare tali inconvenienti, soprattutto nel caso di temperature elevate, occorre effettuare una pulizia frequente mediante spazzolatura o aspirazione. Nel caso di batterie di raffreddamento, le superfici alettate ed in particolare le bacinelle di raccolta della condensa costituiscono i luoghi dove maggiormente proliferano microorganismi e muffe. Risulta pertanto necessario installare bacinelle inclinate in modo da evitare ristagni, e realizzarle con materiali anticorrosivi per agevolarne la pulizia.

Canalizzazioni

Per consentire una efficace pulizia delle superfici evitando il danneggiamento dei rivestimenti interni, si può impiegare una tecnica particolare, che fa uso di una testa ad ugello con fori asimmetrici posta all'estremità di una tubazione flessibile che viene introdotta nelle aperture, appositamente predisposte, delle canalizzazioni.

Da questa tubazione fuoriesce aria compressa in grossi quantitativi (fino a 300 m³/h). L'elevata portata d'aria crea una sorta di lama d'aria che provoca il distacco della sporcizia dalle superfici interne della canalizzazione; l'asimmetria dei fori ne provoca poi una rotazione e quindi l'avanzamento della tubazioni per tutta la sua lunghezza (fino a 30 m).

Da alcuni anni è disponibile anche un'altra tecnica, basata sull'introduzione nella condotta da pulire di un piccolo robot multifunzionale, dotato di spazzole rotanti, operante in contemporanea ad un sistema aspirante di grande portata. Il robot, comandato via cavo, può percorrere alcune decine di metri nelle tubazioni e determina, tramite l'azione di spazzolamento, il distacco della sporcizia, che viene quindi rimossa per aspirazione.

Una corretta procedura rivolta alla manutenzione di un sistema di distribuzione dell'aria deve prendere in considerazione aspetti riguardanti la conoscenza dell'impianto e dell'edificio, la valutazione delle esigenze di manutenzione e la redazione di un corretto piano di manutenzione con l'indicazione delle verifiche da svolgere con periodi prefissati.

E' possibile prendere in considerazione le seguenti azioni:

- censimento, componente per componente, delle effettive caratteristiche di ispezionabilità, pulibilità, accessibilità.
- misura delle portate d'aria, e confronto con i dati di progetto. La misura della pressione statica interna dei condotti è anche indice della portata d'aria. La disponibilità di flange tarate o griglie Wilson con indicatore di portata o pressione dinamica in punti importanti del circuito permette di valutare eventuali variazioni nelle portate d'aria.
- rilevazione delle caratteristiche dei ventilatori, e valutazione delle prestazioni effettive a fronte dei dati di progetto.
- valutazione del rapporto e dell'efficienza di miscelazione fra aria ricircolata e aria esterna, soprattutto nei sistemi a portata variabile, verificando che tale rapporto non scenda al di sotto dei limiti minimi accettabili per l'IAQ.
- verifica dei dati relativi ai recuperatori di calore. Nel caso di recuperatore a batteria occorre

controllare l'ispezionabilità e la pulibilità; nel caso di recuperatori a piastre a flusso incrociato va controllata l'accessibilità che a volte richiede lo smontaggio di tronchi di canalizzazione; nel caso di recuperatori rotativi (per recupero sensibile o entalpico) è importante verificare la presenza di sportelli di ispezione.

- acquisizione di tutte le informazioni relativi ai filtri installati, soprattutto efficienza e vita operativa.
- acquisizione delle informazioni in relazione alla accessibilità, ispezionabilità e pulibilità degli umidificatori; inoltre occorre valutare i trattamenti chimici previsti per l'acqua o il vapore utilizzato.
- accertamento che i sistemi di raffreddamento e deumidificazione siano tali da permettere il corretto controllo della umidità relativa in ambiente.
- accertamento che i sistemi di riscaldamento dell'aria siano idonei a trattare l'aria fino alle volute condizioni in ambiente. Elevate temperature dell'aria immessa provocano diminuzioni della efficienza di ventilazione e problemi per gli occupanti.
- verifica della possibilità di prelevare, attraverso le griglie di presa dell'aria, aria inquinata; verifica della presenza e del non intasamento delle protezioni (reti antivolatile, antitopo).
- valutazione dell'accessibilità e dello stato delle vasche di raccolta della condensa, verificando il sistema di drenaggio.
- valutazione delle situazioni di bassa efficienza di ventilazione, soprattutto in relazione ai diversi regimi di funzionamento (estivo, invernale).
- valutazione delle situazioni critiche per la velocità di immissione dell'aria in ambiente.
- rilevamento delle situazioni critiche per un corretto controllo automatico delle condizioni di benessere negli ambienti (posizionamento e funzionamento sonde, sovradimensionamento o sottodimensionamento delle valvole di regolazione, ecc.).
-

4.11.1 - *Legionella: misure di prevenzione nei sistemi impiantistici*

I sistemi di riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria e i loro componenti, così come pure l'acqua potabile e le attrezzature sanitarie, possono favorire e amplificare la diffusione di sostanze aerodisperse; tra queste di particolare pericolosità risultano essere i batteri del gruppo Legionella, cioè gli agenti patogeni della legionellosi (malattia dei legionari e febbre di Pontiac).

Le procedure di progettazione, funzionamento e di manutenzione che contrastano l'amplificazione e la diffusione della Legionella devono essere programmate ed eseguite fin dalla messa in esercizio degli impianti e devono essere osservate nell'intera loro gestione. Per quanto tale atteggiamento non garantisca che un sistema o un componente siano privi di Legionelle, esso contribuisce a diminuire la possibilità di inquinamento batterico grave.

Mentre la maggior parte dei primi casi di legionellosi sono stati attribuiti a sostanze aerodisperse contenenti batteri provenienti da torri di raffreddamento o condensatori evaporativi o sezioni di umidificazioni delle unità di trattamento dell'aria, le infezioni più recenti sono risultate causate anche dalla contaminazione di impianti di acqua potabile, apparecchi sanitari, fontane e umidificatori ultrasonici. L'inquinamento termico delle acque rappresenta uno dei principali fattori che favoriscono la crescita e la contaminazione ambientale. Altri fattori sono: l'acidità, la presenza

di fonti di nutrimento, la presenza di altre forme di microorganismi.

Le strategie di prevenzione della colonizzazione degli impianti e dell'amplificazione batterica sono i seguenti:

- evitare di installare tubazioni con tratti terminali ciechi e senza circolazione continua dell'acqua;
- controllare la temperatura dell'acqua in modo da evitare l'intervallo critico per la proliferazione dei batteri (25-55°C);
- utilizzare trattamenti antibiologici al fine di controllare la crescita di alghe, protozoi e altri batteri che possono costituire nutrimento per la Legionella;
- limitare la possibilità di nicchie biologiche per i microrganismi attraverso la pulizia degli impianti, la prevenzione e la rimozione dei sedimenti dai serbatoi d'acqua calda, bacini di raffreddamento e altre misure igieniche;
- immissione di cloro nell'acqua;
- progettare le torri di raffreddamento e posizionare le prese dell'aria degli impianti di condizionamento in modo da evitare l'interferenza con l'aria espulsa dalle torri di raffreddamento;
- mantenere efficienti i separatori di gocce montati a valle delle sezioni di umidificazione;
- controllare lo stato di efficienza dei filtri ed eliminare l'eventuale presenza di gocce d'acqua sulle loro superfici

Per quanto riguarda l'efficacia di uno specifico trattamento battericida contro la Legionella può essere provata solo da applicazioni pratiche nelle reali condizioni di funzionamento di un sistema.

Le prove di laboratorio non possono essere considerate come garanzia dell'efficacia di un trattamento battericida (ASHRAE position paper, June 1998).

In definitiva quindi:

- provvedere ad effettuare la pulizia periodica degli impianti;
- provvedere al controllo dei separatori di gocce e di filtri;
- evitare la formazione di ristagni d'acqua;
- controllare la temperatura dell'acqua;
- provvedere ad un efficace programma di trattamento dell'acqua, capace non solo di prevenire la corrosione e lo sporco biologico, ma anche la contaminazione da legionella.

4.12 - Bibliografia

Bibliografia paragrafi 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5

ALCINI D. et al. "Evaluation of airborne microbial contamination in two hospital wards", in: Proceedings of healthy buildings '95, Vol.2, Session: "Ventilation and indoor air quality requirements in Hospitals", pp. 1061-1066, Milano, 1995.

CARRERI Vittorio e MARONI Marco (a cura), Salute e ambiente in Lombardia, Regione Lombardia, Settore Sanità, Milano, 1996.

CEC (Commission of the European Communities), 1993, Direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione: Requisito essenziale n.3: "Igiene, salute e ambiente". Documento interpretativo. Bruxelles: Direzione generale per il mercato interno e l'industria.

CRESME, I mercati delle costruzioni 1997 - Lo scenario di medio periodo 1996-2001, Il Sole 24ore, Roma, 1996.

CRESME, Il mercato del recupero negli anni '90, Roma, 1996.

CRESME, Il mercato delle costruzioni 1999 - Lo scenario di medio periodo, 1998-2003, Il Sole 24ore, Roma, 1998

CRESME, Scenari di sviluppo territoriali per il mercato dei laterizi, 1998-2005, Roma, 1998

DANIELS Klaus, The Technology of Ecological Building, Birkhauser, Basel, Boston, Berlin, 1997.

ECA-IAQ European Concerted Action "Indoor Air Quality and Its Impact on Man", 1991. Guideline for the characterisation of volatile organic compounds emitted from indoor materials and products using small test chambers. Report n.8 (EUR 13593 EN). Luxembourg: office for Official Publications of the European Communities.

ECA-IAQ European Collaborative Action "Indoor Air Quality and Its Impact on Man", 1993. Determination of VOCs

emitted from indoor materials and products using small test chambers. Report n.13 (EUR 15054 EN). Luxembourg: office for Official Publications of the European Communities.

ECA-IAQ European Collaborative Action "Indoor Air Quality and Its Impact on Man", 1995. Determination of VOCs emitted from indoor materials and products using small test chambers. Report n.16 (EUR 16284 EN). Luxembourg:office for Official Publications of the European Communities.

ECA-IAQ European Collaborative Action "Indoor Air Quality and Its Impact on Man", 1997. Evaluation of VOC Emissions from Building Products. Report n.18 (EUR 17334 EN). Luxembourg: office for Official Publications of the European Communities.

FiSIAQ (Finnish Society of Indoor Air Quality and Climate), RAKLI (Finnish Association of Construction Clients), SAFA (Finnish Association of Architects), SKOL (Finnish Association of Consulting Firms), 1995 , Classification of Indoor Climate, Construction, and Finishing Materials,. FiSIAQ Publication 5E, Espoo, Finland.

GOULDING John, & LEWIS Owen, Sustainable & Energy efficient building 1996, James & James, London, 1996.

GOULDING John, LEWIS Owen & STEEMERS T.C.,Energy in architecture - The european passive solar handbook, Bastford Ltd, London 1992, per CEC (EUR 13446).

HEINEMANN S. et al. "Interest of mycological controls of the environment in a Hematological Unit", in: Proceedings of healthy buildings '95, Vol.2, Session: "Ventilation and indoor air quality requirements in Hospitals", pp. 1099-1102, Milano, 1995.

ISTAT, 13° Censimento generale della popolazione, Istituto Nazionale di Statistica, Roma, 1991.

ISTAT, Famiglia, abitazioni, servizi di pubblica utilità, Istituto Nazionale di Statistica, Roma, 1996.

ISTAT, Statistiche dell'attività edilizia 1996, Istituto Nazionale di Statistica, Roma 1998.

ISTAT, Annuario statistico italiano 1998, Istituto Nazionale di Statistica, Roma, 1998.

MARONI M. (a cura) "Healthy Offices", Session in: Proceedings of healthy buildings '95, Vol.3, pp. 1287-1499, Milano, 1995.

MARONI M., "Le normative vigenti, problemi e responsabilità", in: La gestione della qualità dell'aria negli edifici, Regione Lombardia - settore Ambiente ed energia - settore Sanità – Milano, 1996.

Bibliografia paragrafi 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11

Alfano G., d'Ambrosio F.R., Riccio G. 1997, La valutazione delle condizioni termoigrometriche negli ambienti di lavoro: comfort e sicurezza. Napoli: CUEN.

De Santoli L., Fracastoro G.V. 1998. La qualità dell'aria negli ambienti interni. Soluzioni e strategie. Milano: AICARR

Fanger P.O. 1970. *Thermal Comfort*. New York: McGraw-Hill.

ISO. 1994. Moderate thermal environments: determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. ISO standard 7730. Geneva: International Standardization Organization.

ISO. 1995. Ergonomics of the thermal environment - Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble. ISO Standard 9920. Geneva: International Standardization Organization.

UNI. 1979. Serramenti esterni verticali. Classificazione in base alla permeabilità all'aria, tenuta all'acqua e resistenza al vento. Norma UNI 7979. Milano: Unificazione Italiana.

UNI. 1995. Ambienti termici - Strumenti e metodi per la misurazione delle grandezze fisiche. Norma UNI-EN 27726. Milano: Unificazione Italiana.

UNI. 1996. Ergonomia - Determinazione della produzione di energia termica metabolica. Norma UNI-EN 28996. Milano: Unificazione Italiana.

UNI. 1997. Ambienti termici moderati - Determinazione degli indici PMV e PPD e specifiche per le condizioni di benessere termico. Norma UNI-EN-ISO 7730. Milano: Unificazione Italiana.

Bibliografia paragrafi 4.6, 4.8, 4.9, 4.11

ACGIH, 1998. Guide o Occupational Exposure Values. ACHIH. Cincinnati, OH.

ASHRAE Standard 62/89, *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*

ASHRAE Public Review Draft 62/89R, *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*

CEN, prENV 1752, 1994, *Ventilation for buildings- Design criteria for the indoor environment*.

CIBSE Guide A, Sec.2, 1993, *Enviromental Criteria for Design*, UK

Comunità Europea, European Concerted Action on "Indoor Air Quality & its Impact on Man - COST Project 613", Report no. 4, *Sick Building Syndrome*, EUR 12294 EN, 1989.

DIN 1946, part 2, *Ventilation and Air Conditioning: Technical Health Requirements*

FiSIAQ, 1995, *Classification of Indoor Climate, Construction, Finishing Materials*,

Standard ISA- S71.04, 1985, *Enviromental Conditions for Process Measurements and Control Systems: Airborne Contaminant*

NKB Report n.61, 1991, *Indoor Climate Air Quality*

Occupational Safety and Health Standards, OSHA, 29 CFR- 1910.94, Ventilation

- SCANVAC, *Classified Indoor Climate Systems, Guidelines and Specification*
- UNI 10339, *Impianti aeraulici a fini di benessere: generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura*
- VDI Hygiene in the ventilation installations (VDI 6022).
- WHO World Health Organization, 1987, *Air Quality Guidelines for Europe*
- WHO (World Health Organization), *Air Quality Guidelines for Europe*, WHO Regional Publications, European Series no. 23, 1987.
- Baughman, K.W., Love, D.H., (1993). "Industrial Hygiene Chemistry", *Analytical Chemistry*, 65, 480A
- De Santoli L., Fracastoro G.V., *La Qualità dell'Aria negli Ambienti Interni*, Collana AICARR 1998
- De Santoli, L. et al., 1995, *Normativa Europea sulla Ventilazione degli Edifici*, CDA 12, Dic. 1995.
- De Santoli L., Moncada lo Giudice G., Milone A. (1998), *Sensorial and Instrumental Approaches to Indoor Air Monitoring*, Conferenza Internazionale ROOMVENT98, Stoccolma (Sweden), June 14-17, 1998
- Fanger, P.O., (1988), "Introduction of the olf and the decipol units to quantify air pollution perceived by humans indoors and outdoors", *Energy and Buildings*, 12, 1-6
- Hogson A.T., 1995, *A review and a limited comparison of methods for measuring TVOC in indoor air*, *Indoor Air* 5:247-257.
- Mohlave, L., Nielsen, G.D., 1992, *Interpretation and limitation of the concept TVOC as an indicator of human responses to exposures of volatile organic compounds in indoor air*, *Indoor Air*, 2, 2: 65-77.
- Moncada Lo Giudice, G., Salvetti, F., Scarano, E., de Santoli, L., (1995), "Chemical Indoor Air Quality Control", *Proceedings of International Congress Healthy Buildings*, Milano, 10-14 September 1995
- Moncada lo Giudice, Livio de Santoli (1999), *Fisica Tecnica Ambientale*, Editrice CEA Ambrosiana, Milano (in corso di pubblicazione)
- Mudarri, D.H., 1997, *Potential Correction Factors for Interpretating CO₂ Measurements in Buildings*,
- Niemela, R., Target levels of indoor air quality in industrial buildings. *INVENT News* 2/95, p. 14-15. FIMET, Finland, 1995.
- Stonier R.T., 1997, *A Comparison of CO₂ Sensor Technologies Available for IAQ Applications*, ASHRAE Winter Meeting, Atlanta 1997
- Stuart A. Batterman, Harriet Burge (1995), *HVAC Systems as Emission Sources Affecting IAQ, A Critical Review*, *Int. Journ. of HVAC&R*, Jan 1995, Vol.1, n.1

Capitolo 5 - Strategie per la prevenzione degli effetti dell'inquinamento indoor

5.1 - Programmi e raccomandazioni internazionali sulla qualità dell'aria indoor ed esperienze di altri paesi

Attività Internazionale

La comunità scientifica internazionale, ed in particolare l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), ha rivolto da oltre 10 anni la sua attenzione al problema della qualità dell'aria negli ambienti interni, consapevole dell'impatto sanitario che essa ha sulla popolazione.

In particolare si vuole qui ricordare il lavoro dell'OMS nel campo dello sviluppo di standard per la qualità dell'aria indoor, ai quali viene dedicato un paragrafo in questo capitolo. Va, inoltre, ricordato che sono in essere gruppi di lavoro per l'aggiornamento di questi standard alla luce delle nuove sperimentazioni ed evidenze epidemiologiche. Degna di menzione è, infine, l'opera di sensibilizzazione che l'Organizzazione svolge nei confronti dei Stati perché intraprendano programmi legati al miglioramento della qualità dell'aria indoors.

In questi ultimi anni l'Unione Europea, nell'ambito del programma COST (European Collaborative Action) "Indoor Air quality and its Impact on Man", ha pubblicato una serie di rapporti sui principali inquinanti indoor (VOC, radon, NO, contaminanti biologici, ecc.), sulla SBS, linee guida sulla ventilazione, ecc.

In questi documenti si fa il punto della situazione nei vari paesi relativamente alle iniziative in corso e per alcuni inquinanti si analizzano le tecniche di misura oltre che, in alcuni casi, si propongono protocolli di misura.

Attualmente l'attenzione dell'Unione Europea al problema della IAQ è testimoniata dai due programmi seguenti:

a) Programma 1999-2001 di azione comunitaria relativo alle malattie connesse all'inquinamento (decisione comune del Consiglio e del Parlamento Europeo). Tale programma si inserisce nel più vasto contesto del programma di sanità pubblica ed ha l'obiettivo di contribuire alla definizione di strategie e di politiche di prevenzione delle malattie correlate all'inquinamento indoor/ outdoor ed agli stili di vita non salutari (es.fumo di tabacco), in particolare migliorando la conoscenza di queste malattie.

Rif. Doc. PE-Conseil n. 3603/99 del 10 marzo 1999.

b) V programma quadro della Commissione dell'Unione Europea per le attività di ricerca, di sviluppo tecnologico e di dimostrazione. Nell'ambito del tema "Qualità della vita e gestione delle risorse" sono comprese le malattie legate agli inquinamento, tra cui le allergie. L'inserimento di questo argomento all'interno del tema lascia presupporre la possibilità di ricerche nel settore delle malattie connesse all'inquinamento indoor, anche se queste non sono state esplicitamente indicate.

La NATO nell'ambito del "Comitato sulle sfide per una società moderna" ha realizzato uno Studio Pilota sulla IAQ, diretto da M.Maroni (Italia - Centro Internazionale per la sicurezza dai Pesticidi), R. Axelrad (USA - EPA) e Y.A.Tabunschikov (Russia - Istituto di Architettura di Mosca).

Lo studio ha avuto la durata di sette anni e si è concluso nel 1997; ad esso hanno partecipato studiosi di varie discipline, e dell'ambiente, medici, architetti, ingegneri, policy makers. I risultati dello studio sono sintetizzati in una serie di pubblicazioni che forniscono informazioni dettagliate ed aggiornate sulle conoscenze tecnico-scientifiche relative alla IAQ. Sono state preparate inoltre pubblicazioni di carattere divulgativo da destinare agli operatori del settore, medici, architetti, addetti alla manutenzione degli edifici, ed alla popolazione e sono disponibili anche nel nostro Paese.

Programmi Nazionali di altri Paesi

Danimarca

Nel 1995 il Ministro responsabile degli edifici ha introdotto nei regolamenti edilizi un capitolo dedicato alla IAQ, nel quale in particolare vengono posti requisiti specifici per la ventilazione, per i materiali edilizi, per altri contaminanti e per la temperatura.

La legislazione sulla materia è ancora molto limitata e questo riflette il fatto che il legislatore non ha ancora chiaro su quale tipo di requisiti occorra agire, soprattutto per la mancanza di un dialogo tra i ricercatori e l'autorità politica. A questo scopo è stato istituito un comitato di collaborazione tra esperti e autorità sulla qualità dell'aria, che è stato giudicato estremamente positivo.

Allo stato attuale i Regolamenti edilizi contengono alcuni requisiti legislativi su alcuni inquinanti come l'amianto, la formaldeide, gli ossidi di azoto, il radon ed altri contaminanti del terreno.

Le autorità danesi sono consapevoli dell'importanza di un coinvolgimento dei cittadini, dei costruttori, produttori di materiali da costruzione e di arredo, sulla problematiche della IAQ ed in questo senso sono dirette numerose azioni.

Finlandia

In Finlandia è stato lanciato nel maggio 1998 un programma di ricerca quinquennale denominato "Edifici sani", con un costo di 5 milioni di Euro ogni anno. Gli obiettivi fissati in cooperazione con gli specialisti della sanità sono quelli di una migliore esecuzione sia nella costruzione sia nel mantenimento. Le aree di ricerca sono:

- 1) valori limite per edifici sani, comprese le specificazioni di costruzione;
- 2) controllo di qualità nei processi di costruzione che tengano conto della qualità dell'aria indoor;
- 3) nuovi metodi e servizi per una migliore qualità dell'aria indoor;
- 4) metodi e servizi per il mantenimento e il rinnovamento;
- 5) materiali da costruzione a bassa emissione;
- 6) trasferimento tecnologico.

Allo stesso tempo è stato avviato un programma di ricerca sulla Sanità dell'Ambiente. Le questioni della sanità connesse alla qualità dell'aria indoor, in particolare la contaminazione batterica, fanno parte di questo programma.

Germania

La Germania ha una tradizione che risale alla metà del secolo scorso per quel che riguarda la IAQ. Nel 1990 il governo federale ha istituito un gruppo di lavoro interministeriale che ha come compito di sviluppare un "Progetto Tedesco per la migliore IAQ". Partecipano a questo gruppo rappresentanti del Ministero dell'Ambiente, della conservazione della natura, dell'economia sanitaria, delle costruzioni, del lavoro ed affari sociali e della ricerca e tecnologia, nonché alcuni esperti di istituti federali di ricerca.

Il "Progetto" si divide in due parti: una parte generale, che illustra il problema negli ambienti domestici e di lavoro, ed una parte specifica. Quest'ultima è divisa in 13 sezioni che trattano le sorgenti di inquinamento e le classi di sorgenti.

La struttura che viene data a ciascuna delle 13 sezioni è la stessa: viene fornito un sommario sullo stato delle conoscenze, sul peso che la sorgente ha nei confronti della IAQ e sulle lacune conoscitive. Vengono poi indicati i regolamenti che riguardano la IAQ relativamente ai diversi tipi di edifici, contaminanti chimici, prodotti di uso comune, ecc. Nell'ultima parte si indicano gli obiettivi da raggiungere e suggerite le misure da adottare per il miglioramento della IAQ.

Olanda

Non sono state emanate a tutt'oggi normative sulla IAQ. Il governo olandese ritiene, infatti, che il problema della IAQ sia legato al comportamento degli occupanti l'edificio.

Indagini vengono effettuate con frequenza quadriennale dall'Istituto nazionale per l'ambiente e la salute sulla situazione indoors. Le indagini hanno evidenziato come gli ossidi di azoto, il rumore, il particolato fine e gli allergeni legati agli acari ed alle muffe costituiscano un problema importante.

La legislazione riguardante la costruzione di nuovi edifici pone requisiti sulla sicurezza, la salute degli occupanti ed il risparmio energetico. Un decreto analogo è in preparazione per gli edifici commerciali, gli uffici e le scuole.

Per quanto riguarda la politica ambientale è stato avviato un dialogo con i costruttori, mirato ad una riduzione dell'impiego dei materiali grezzi di bassa qualità, al rispetto dei principi di conservazione dell'energia ed al miglioramento della qualità in senso lato. E' stato preparato anche un rapporto sulla qualità dell'aria indoor e la massima priorità è stata dedicata all'eliminazione dell'umidità per i suoi riflessi sulla salute e sul benessere della popolazione, ai gas di combustione, al particolato fine, all'amianto, al benzene, alla formaldeide ed al rumore.

Non esiste un programma di ricerche strategico sulla IAQ.

Il ministero dell'ambiente, salute e pianificazione del territorio ritiene che gli studi e la tecnologia abbiano raggiunto livelli soddisfacenti, e che occorre fare uno sforzo ulteriore, coinvolgendo tutte le parti interessate, perché i risultati ottenuti entrino a far parte dei regolamenti.

Svizzera

Il problema della IAQ è oggetto di grande attenzione da parte del governo svizzero. Tuttavia la situazione legislativa ed i controlli sono ben lungi dall'essere pienamente soddisfacenti, né esiste una strategia nazionale per affrontare il problema.

Il governo svizzero prevede di introdurre una sezione dedicata alla IAQ nella nuova legge sui prodotti chimici.

Al momento sono state intraprese alcune azioni su determinati inquinanti: radon, fumo di tabacco, sostanze chimiche, ivi compresi i biocidi, e sui microrganismi. Per quanto riguarda il radon, nella nuova legislazione del 1994 è stato introdotto un limite obbligatorio di 1000 Bq/m^3 ed un limite raccomandato di 400 Bq/m^3 per le abitazioni ed i luoghi di svago. Un programma pluriennale di attività prevede l'individuazione di aree ad alta concentrazione di radon, la messa a punto di regolamenti costruttivi in queste aree, l'informazione del pubblico, un'opera di formazione nei confronti degli insegnanti e delle associazioni di categoria del settore costruzioni. Per quanto riguarda il fumo, nel 1995 è stato varato un programma generale per ridurre l'impatto sanitario del fumo, con particolare riguardo ai giovani. Dal giugno 1997 in Svizzera è proibito fumare negli edifici governativi e stanno per essere varate campagne di informazione sugli effetti del fumo passivo.

E' stato affrontato anche il problema dei materiali da costruzione, in questo contesto l'associazione svizzera degli ingegneri ed architetti ha elaborato delle linee guida sulle caratteristiche che i materiali da costruzione debbono avere per garantire una buona IAQ. Il governo svizzero sta esaminando l'opportunità di introdurre nella propria legislazione la Direttiva comunitaria 89/106.

Stati Uniti

Il problema della IAQ viene affrontato a livello federale, dei singoli Stati e da organizzazioni non governative. Queste organizzazioni hanno elaborato standard e linee guida propri, ed hanno messo a punto, ciascuna per proprio conto, programmi di ricerca e di informazione.

E' stata tentata un'opera di coordinamento livello federale ma ha dato con scarsi risultati.

L'Agenzia federale che svolge già da molti anni un'intensa attività nel campo della IAQ è l'EPA (Environmental Protection Agency). L'EPA ha infatti messo a punto linee guida sulla IAQ, proposto standard sui principali inquinanti indoor, promosso campagne di informazione, ecc.

In questo contesto può essere di esempio il "Radon Program", sviluppato a partire dal 1985 dall'Agenzia. Nell'ambito di questa iniziativa, sono testate centinaia di migliaia di abitazioni, scuole, edifici pubblici, secondo protocolli stabiliti dall'EPA, che ha inoltre svolto un programma di qualificazione degli operatori del settore. In ogni Stato federale è stata istituito un Ufficio-EPA in grado di rispondere a quesiti sul radon, fornire indicazioni sui comportamenti, su chi può intervenire per azioni di rimedio, ecc.

Accanto a queste attività sono stati realizzati numerosi programmi di ricerca relativi alla individuazione delle aree a rischio, protocolli di misura, sperimentazioni per individuare le vie d'ingresso del radon negli edifici e quant'altro.

I problemi legati alla IAQ sono stati ampiamente trattati anche dalla American Society for Refrigerating, Heating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE), la quale ha definito i propri standard ed ai quali viene fatto ricorso in diverse circostanze. Benché non siano ancora disponibili standard sulla IAQ, quelli adottati dalle Agenzie federali e dalle più qualificate associazioni di categoria costituiscono de facto il contesto per stabilire un precedente legale per la definizione di una buona IAQ.

Il governo degli Stati Uniti è consapevole dell'impatto che la qualità dell'aria negli ambienti interni ha sulla salute della popolazione e pertanto sta spingendo le agenzie federali, quelle degli Stati e le associazioni professionali a collaborare fra loro per giungere alla definizione di standard e pratiche adeguate a garantire una soddisfacente IAQ.

5.2 - Standard di qualità dell'aria indoor

Per l'elaborazione di standard di qualità dell'aria indoor si possono utilizzare tre tipi di fonti informative: i risultati che provengono dagli studi tossicologici sperimentali, gli studi di carattere clinico ed infine gli studi epidemiologici. Ciascun gruppo di studi ha meriti e limiti e ciò ha condotto allo sviluppo di un approccio multidisciplinare.

La sorgente informativa più importante è quella epidemiologica, perché è la sola che può dare conferma, con dati reali provenienti dalla osservazione sulla popolazione, che determinati livelli di un agente nocivo producono o meno effetti sulla salute. Nella pratica, tuttavia, gli studi epidemiologici si rivelano spesso deboli, in quanto la possibilità di eseguirli con una accurata misura della esposizione e con una sufficiente valutazione di tutti i fattori di confondimento non è molto frequente.

Allo stato attuale si dispone di dati epidemiologici riguardanti l'esposizione ad alcuni agenti: il radon, il fumo passivo, i gas nitrosi, la formaldeide e l'amianto. Per le altre sostanze presenti nell'aria indoor gli standard sono derivati da studi di tipo tossicologico e/o clinico.

Esistono diversi standard di qualità dell'aria che sono riferiti a differenti gruppi di popolazione (popolazione in generale e lavoratori) e che sono stati sviluppati per degli scopi specifici.

In generale gli standard elaborati per gli ambienti di lavoro fanno riferimento all'esperienza specifica degli ambienti industriali, e come tali, non risultano adatti a quelli a tipologia di ufficio, nei quali si applicano di solito gli standard per la qualità dell'aria esterna oppure specifici standard elaborati appositamente per gli ambienti indoor di tipo civile, ove si intende garantire ragionevolmente salute e comfort per gli occupanti.

Le "Guidelines for Air Quality in Europe" della Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO) sono state elaborate per garantire la protezione della popolazione e riguardano un certo numero di sostanze. Esse si applicano anche all'ambiente indoor, almeno per i parametri che sono in esse considerati. Le linee guida sono state pubblicate in una prima edizione nel 1987. E' in fase di pubblicazione la revisione dei valori di riferimento relativi a diverse sostanze; tale revisione è stata effettuata sulla base della letteratura più recente. Un sommario dei valori proposti è sintetizzato nella tabella 5.1. Si noti che per il particolato sospeso, sulla base della revisione dei dati epidemiologici disponibili, non è stato possibile stabilire limiti di riferimento in quanto l'esposizione prolungata già a basse dosi di particolato ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) determina un aumento di rischio per patologie croniche.

Nella tabella 5.2 sono stato riportati gli standard utilizzati da alcuni Paesi unitamente a quelli proposti dall'OMS.

Gli standard dell'EPA (United States, Environmental Protection Agency) sono stati finalizzati alla protezione della popolazione e si applicano all'ambiente indoor, ma riguardano un numero molto limitato di sostanze.

Gli standard della ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) sono stati sviluppati specificamente per gli ambienti confinati, ma riguardano anch'essi un numero limitato di sostanze.

Le Guidelines del Canada rappresentano un esempio coerente di normativa per l'indoor sviluppata specificamente per l'ambiente residenziale e possono essere applicate anche agli uffici. Il Canada è stato il primo paese ad introdurre ufficialmente degli standard specifici per gli ambienti indoor residenziali, superando il semplice concetto di standard di ventilazione (aria primaria per persona o per metro quadro) che invece era in uso in precedenza.

Dall'esame della tabella 5.2 si può notare complessivamente che vi è una relativa uniformità di valutazione, anche se non sempre tutti i valori sono uguali.

Per quanto riguarda il radon, l'Unione Europea ha elaborato nel 1990 una raccomandazione (90/143/EURATOM) destinata agli edifici in generale, dove si raccomanda un livello di azione di $200 \text{ Bq}/\text{m}^3$ per gli edifici nuovi e $400 \text{ Bq}/\text{m}^3$ per quelli già costruiti.

Nella tabella 5.2 sono riportati i livelli di azione adottati per il radon in alcuni Paesi.

La tabella 5.3 illustra i limiti di esposizione proposti per i Composti Organici Volatili (VOC) al Convegno Internazionale "Indoor Air '90". Si può notare che il limite è piuttosto restrittivo e non appare di facile osservanza in presenza di elevato inquinamento atmosferico e di ambienti interni con abbondante presenza di sorgenti (moquette, carta, arredi in truciolato, ecc.). Pragmaticamente si può ritenere che tale limite possa essere superato di 2 o 3 volte in situazioni difficili, a seconda anche delle diverse miscele di VOC in questione nei diversi ambienti.

Un problema particolarmente complesso è rappresentato dai contaminanti biologici, per i quali vi sono

molte incertezze e nessun paese ha raccomandato limiti specifici. Vi sono per questi agenti anche problemi metodologici relativi al campionamento ed all'analisi.

Per quanto riguarda i miceti la comunità scientifica ha proposto alcune linee guida che sono sintetizzate nella tabella 5.4.

Per quanto riguarda i batteri si possono fornire alcuni criteri orientativi per classificare le concentrazioni totali di unità formanti colonie nell'aria.

Va tenuto presente che un superamento dei valori di riferimento sopra riportati non comporta necessariamente l'insorgenza di gravi effetti sulla salute. Alcuni dei valori consentono il mantenimento di un buon stato di comfort e la sua perdita non significa automaticamente la presenza di lesioni dell'organismo, anche se contraddice la definizione di salute della Organizzazione Mondiale della Sanità intesa come "stato di benessere fisico, psichico e sociale".

Tabella 5.1 - Linee guida proposte dall'OMS per la qualità dell'aria per l'Europa a partire dal 1998

	Sostanza	Valori di linee guida	Tempo di esposizione medio
Inquinanti dell'aria	Monossido di carbonio	100 mg/m ³	15 min
		60 mg/m ³	30 min
		30 mg/m ³	1 h
		10 mg/m ³	8 h
	Ozono	120 µg/m ³	1 h
	Biossido di azoto	200 µg/m ³	1 h
		40 µg/m ³	annuo
	Biossido di zolfo	500 µg/m ³	10 min
		125 µg/m ³	24 h
		50 µg/m ³	annuo
	Particolato ^(a)		
Indoor	MMVF (RCF)	1 x 10 ⁻⁶ (fibra/litro)	UR/per tutta la vita
	Radon	3-6 10 ⁻⁵ Bq/m ³	
	ETS ^(b)		
Inquinanti organici	Benzene	1 x 10 ⁻⁶ µg/m ³	UR/per tutta la vita
	1, 3 butadiene ^(b)		
	Diclorometano	3 mg/m ³	24 h
	Formaldeide	0,1 mg/m ³	30 min
	PAH (BaP)	8,7 x 10 ⁻⁵ µg/m ³	UR/per tutta la vita
	Stirene	0,26 mg/m ³	1 settimana
	Tetracloroetilene	0,25 mg/m ³	24 h
	Toluene	0,26 mg/m ³	1 settimana
	Tricloroetilene	4,3 µg/m ³	UR/per tutta la vita
PCB, PCDD, PCDF ^(b)			
Inquinanti inorganici	Arsenico	1,5 x 10 ⁻³ µg/m ³	UR/per tutta la vita
	Cadmio	5 ng/m ³	Annuo
	cromo (CrVI)	4 x 10 ⁻² µg/m ³	UR/per tutta la vita
	Fluoruro ^(b)		
	Piombo	0,5 µg/m ³	Annuo
	Manganese	0,15 µg/m ³	Annuo
	Mercurio	1,0 µg/m ³	Annuo
	Nichel	3,8 x 10 ⁻⁴ µg/m ³	UR/per tutta la vita
		Platino ^(b)	

(a) Valore non definibile

(b) Non esistono sufficienti dati disponibili per elaborare un valore

Tabella 5.2 - Quadro sinottico degli standard per il controllo della qualità dell'aria indoor

Inquinante (unità di misura)	di	Olanda	Canada	Norvegia	WHO Europa	USA	
						ASHRAE	EPA
CO ₂ (mg/m ³)	-		6300	1800	-	1800	-
CO (mg/m ³)	10 (8 h) 40 (1 h)	13 (8 h) 29 (1 h)		10 (8 h) 25 (1 h)	10 (8 h) 30 (1 h) 60 (30 min) 100 (15 min)	10 (8 h) 40 (1 h)	10 (8 h) 40 (1 h)
NO ₂ (µg/m ³)	300 (1 h) 150 (24 h)	480 (1 h) 100 (long term)		200 (1 h) 100 (24 h)	400 (1 h) 150 (24 h)	100 (anno)	100 (anno)
Formaldeide (µg/m ³)	120 (30 min)	120 *		60	100 (30 min)	100 (30 min)	-
Ozono (µg/m ³)	150-200 (1 h) 100-120 (8 h)	240 (1 h)		-	150-200 (1 h) 100-120 (8 h)	100 (long term) 235 (1 h)	- 235 (1 h)
Particolato (µg/m ³) PM ₁₀	40 (anno) 140 (24 h)	-		40 (anno)	-	50 (anno) 150 (24 h)	50 (anno) 150 (24 h)
PM _{2,5}	-	40 (long term)		-	-	-	-
TSP	-	100 (1 h)		90 (8 h)	120 (24 h)	-	-
SO ₂ (µg/m ³)	350 (1 h)	50 (long term) 1000 (5 min)		-	350 (1 h) 500 (10 min)	80 (anno) 365 (24 h)	80 (anno) 365 (24 h)
VOC totali (µg/m ³)	-	-		400	-	-	-
Radon (Bq/m ³) valore medio annuale	200	800		200	200 (nuove abitazioni) 400 (abitazioni esistenti)	150	150

* livello di azione

Tabella 5.3 - Limiti di esposizione proposti per composti organici volatili (VOC) nell'aria indoor

Classe chimica	Concentrazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Alcani	100
Idrocarburi aromatici	50
Idrocarburi alogenati	30
Terpeni	30
Esteri	20
Aldeidi e chetoni (eccetto formaldeide)	20
Altri	50
VOC totali	300

Fonte: B. Seifert, 1990

Tabella 5.4 - Linee guida per l'interpretazione della concentrazione di miceti nell'aria indoor

<ul style="list-style-type: none"> • La presenza di alcuni patogeni (es. <i>Aspergillus fumigatus</i>) e funghi produttori di tossine (es. <i>Stachybotris atra</i>) dovrebbe essere considerata inaccettabile. • Una concentrazione inferiore a $50 \text{ CFU}/\text{m}^3$ dovrebbe essere considerata accettabile per ogni singola specie. • Il limite di $150 \text{ CFU}/\text{m}^3$ dovrebbe essere considerato accettabile se si riscontro una miscela di specie • Il limite di $300 \text{ CFU}/\text{m}^3$ dovrebbe essere considerato accettabile se le principali specie presenti sono del gene <i>Cladosporium</i> o altre del gruppo delle <i>Philloclane</i>

5.3 - La normativa comunitaria e italiana, nazionale e regionale

Il quadro normativo relativo alla IAQ, sia comunitario che nazionale, anche se in evoluzione, non è tuttavia ancora completo ed aggiornato.

Nell'ottobre 1988 il Parlamento europeo adottava una risoluzione sulla qualità dell'aria negli edifici, con la quale invitava la Commissione a preparare una direttiva sull'argomento. A tutt'oggi non è stato dato alcun seguito a tale risoluzione.

In Italia non si dispone ancora di una normativa specifica per il controllo della qualità dell'aria negli ambienti di vita chiusi. Le norme per la salubrità delle abitazioni sono fissate, per ogni Comune, dal regolamento di igiene e sanità, secondo le Istruzioni Ministeriali del 20 giugno 1896, concernenti la compilazione dei Regolamenti Locali sull'Igiene del suolo e dell'abitato. Tali Istruzioni sono state modificate dal D.M. 5 luglio 1975 per la parte riguardante l'altezza minima e i requisiti igienico sanitari principali dei locali di abitazione.

In base al T.U. delle Leggi Sanitarie (R.D. 27 luglio 1934, n. 1265 – Titolo III, Cap. IV, dell'Igiene degli abitati urbani e rurali e delle abitazioni) i Regolamenti Locali di igiene e sanità stabiliscono le norme per la salubrità dell'aggregato urbano e rurale e delle abitazioni, secondo le istruzioni di

massima emanate dal Ministero della Sanità. Essi forniscono indicazioni circa l'allocazione sul territorio, la compatibilità degli edifici (rispetto ai punti di captazione acque ad uso potabile, rispetto a aree stradali, ferroviarie, fluviali etc), l'esposizione l'areazione degli alloggi, la superficie degli spazi abitativi, le altezze ed, i volumi interni dei locale, l'illuminazione naturale, i servizi, il fonoisolamento, la presenza di canne di esalazione, di ventilazione, di canne fumarie e di camini.

Per la salubrità dell'aria negli ambienti di lavoro chiusi si applicano le norme relative all'igiene del lavoro ed in particolare al D.L.vo 626/94 (e successiva normativa) riguardante il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro. Tali norme, però, non disciplinano in maniera completa tutti i complessi aspetti relativi alla IAQ negli ambienti di lavoro indoor.

In generale gli standard elaborati per gli ambienti di lavoro fanno riferimento all'esperienza specifica degli ambienti industriali e, come tali, non risultano adatti agli ambienti ad uso ufficio cui, di solito, si applicano gli standard per la qualità dell'aria esterna oppure specifici standard elaborati per gli ambienti indoor di tipo civile.

I datori di lavoro secondo la normativa vigente sono notoriamente responsabili della tutela della qualità dell'aria e dell'eliminazione o minimizzazione dell'esposizione dei lavoratori ad inquinanti dell'aria nell'ambiente lavorativo.

Il D.P.R. 21.04.1993, n.246, che recepisce la Direttiva 89/106/CEE, relativa ai prodotti da costruzione, costituisce un atto normativo molto importante perché stabilisce che i prodotti per circolare liberamente in ambito europeo, devono rispettare anche il requisito "Igiene, salute ed ambiente", che necessariamente comporta una ricaduta positiva sulla qualità dell'aria interna. Questo requisito, infatti, ha come obiettivo principale, oltre che la tutela dell'ambiente, anche la salute degli occupanti e degli utenti delle opere nei confronti dell'ambiente interno. Un documento interpretativo del D.P.R. 246/93 stabilisce che le caratteristiche, le prestazioni e l'uso dei prodotti da costruzione devono tenere conto anche della qualità dell'aria interna, attraverso l'eliminazione o il controllo delle sostanze inquinanti presenti negli ambienti chiusi. Questo documento però, risulta incompleto in quanto non fornisce indicazioni sui limiti di emissione e sulla natura delle sostanze inquinanti, elementi indispensabili per l'applicazione della norma stessa.

Per quanto riguarda la protezione sanitaria dalla radioattività naturale, la Direttiva 96/29/EURATOM, prevede che le norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i pericolo derivanti dalle radiazioni ionizzanti (Titolo VII) deve comprendere anche la tutela delle attività lavorative in cui la presenza di sorgenti di radiazioni naturali comporti un aumento significativo dell'esposizione dei lavoratori o di individui della popolazione.

Nell'ambito delle responsabilità professionali o di corretta fornitura di servizi, è opportuno citare alcune regole specifiche di settore che forniscono indirizzi fondamentali sul controllo e gestione di alcuni aspetti relativi alla IAQ e sulla protezione della salute dei consumatori.

I costruttori, i produttori di materiali e i fornitori di prodotti di consumo sono responsabili della qualità dei materiali e dei prodotti con cui il consumatore viene a contatto e, nell'ambito di questo, dell'impatto sulla qualità dell'aria indoor derivante dalla messa in opera degli stessi materiali o dall'uso degli stessi prodotti. In proposito, è da ricordare che il D. L.vo 3 febbraio 1997, n. 52 di attuazione della direttiva 92/32/CEE concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose ed il D.M. 12.8.98 del Ministero della sanità, concernente la limitazione dell'immissione sul mercato e

dell'uso di alcune sostanze e preparati pericolosi, prevedono che non debbano essere immessi sul mercato sostanze e preparati classificati come cancerogeni, mutageni e tossici per la riproduzione, nelle categorie 1 e 2.

I gestori degli edifici, i fornitori di impianti di ventilazione, i manutentori, eccetera, sono responsabili, nell'ambito degli specifici incarichi, del rispetto delle norme di sicurezza e del corretto funzionamento dei dispositivi di ventilazione, del rispetto delle norme d'igiene, della manutenzione degli impianti, della conservazione della qualità degli ambienti, con particolare riferimento alla qualità dell'aria

Per quanto concerne, infine, i regolamenti regionali si segnalano tre iniziative della Giunta della Regione Lombardia: l'aggiornamento del Regolamento di Igiene tipo del 1989, la Circolare /SAN/1991 e la Circolare n. 8/SAN/1995.

Nella Circolare /SAN/1991 la Lombardia ha recepito la Raccomandazione della Commissione 90/143/EURATOM, relativa alla tutela della popolazione contro l'esposizione al radon in ambienti chiusi, stabilendo che la concessione della deroga all'art.8 del DPR 303/56, per la destinazione di locali chiusi sotterranei o seminterrati ad attività lavorative, doveva essere condizionata al "preventivo accertamento che in ogni situazione di lavoro non vi fosse il superamento dei livelli di concentrazione di radon indicati nella Raccomandazione".

Con la Circolare n. 8/SAN/1995 la stessa Regione ha formulato l'Atto di indirizzo e coordinamento concernente la ventilazione e l'aerazione, l'installazione e la gestione degli impianti di climatizzazione ambientale e degli apparecchi di combustione e l'allontanamento dei prodotti della combustione nelle abitazioni di nuova costruzione.

Infine la Regione Emilia Romagna, nel 1995, ha approvato il Regolamento edilizio tipo nel quale i requisiti della Direttiva CEE 89/106, relativi ai prodotti da costruzione, sono stati citati ed ampliati anche alla luce di norme nazionali già esistenti (DPR 21 aprile 1993, n. 246).

In Appendice al presente rapporto è riportato un elenco di norme comunitarie e nazionali che, in assenza di una normativa nazionale specifica, può rappresentare un utile riferimento per disciplinare il complesso settore della IAQ.

5.4 - Strategie di prevenzione del rischio per la salute legato all'aria indoor

In questo capitolo ci si propone di illustrare, da un punto di vista generale ed alla luce di quanto avviene a livello internazionale, le strategie possibili per controllare la qualità dell'aria interna.

5.4.1 - Piano nazionale per la realizzazione di un ambiente indoor sostenibile

Al fine di prevenire i problemi connessi con la presenza negli ambienti chiusi di una cattiva qualità dell'aria, l'OMS raccomanda che sia elaborato a livello dei singoli Governi un "Piano nazionale per la

creazione di un ambiente indoor sostenibile“ (che verrà nel seguito indicato come Piano). Tale Piano deve prevedere interventi sugli edifici esistenti e su quelli da costruire e, una volta formulato, richiede l’elaborazione di strategie che ne consentano la realizzazione.

Gli elementi fondamentali che il Piano deve contenere sono:

1. Predisposizione di dati che consentano di avere un quadro conoscitivo dello stato della IAQ, in modo tale da poter identificare su quali obiettivi indirizzare gli sforzi per la riduzione e/o la prevenzione del rischio sanitario;
2. Identificazione di eventuali iniziative esistenti a vari livelli in ambito nazionale, che possono interferire con quelle previste dal Piano;
3. Sensibilizzazione della popolazione ai problemi legati alla IAQ attraverso programmi di informazione per il pubblico, per le scolaresche, per le maestranze coinvolte;
4. Formazione del personale tecnico;
5. Preparazione di linee guida da destinare ai proprietari degli stabili, progettisti, architetti, ingegneri, addetti alla manutenzione degli edifici, ecc., che indichino i criteri da seguire per la realizzazione ed il mantenimento di ambienti interni sani, ed indicazioni sulle misure e sui comportamenti che concorrono alla riduzione del rischio;
6. Elaborazione di standard e protocolli;
7. Promozione dell’attività di ricerca;
8. Promozione della produzione e dell’uso di materiali con bassa emissività di sostanze inquinanti;
9. Accredimento degli operatori nel campo della IAQ;
10. Istituzione e/o mantenimento di un registro aggiornato degli inquinanti indoor;
11. Sistemi di controllo e verifica delle azioni intraprese per la realizzazione del Piano;
12. Normativa sulla IAQ.

5.4.2 - Linee strategiche per la realizzazione del Piano

Va sottolineato che le strategie da mettere in atto per la realizzazione del Piano devono essere promosse a livello governativo e richiedono innanzi tutto un adeguato coinvolgimento delle componenti interessate, lavoratori (insegnanti, impiegati, ecc.), proprietari e gestori degli stabili, studenti, ingegneri progettisti, architetti, costruttori, ditte interessate alla produzione di materiali da utilizzare negli ambienti interni, ditte costruttrici d’impianti di condizionamento, di attrezzature per la casa (fornelli, cucine, stufe, mobili, ecc.), e quelle che sovrintendono alla manutenzione degli stabili. Le linee strategiche possono essere portate avanti contemporaneamente o in sequenza, a seconda delle finalità cui sono destinate e delle reali possibilità di intervento.

Nel seguito si analizzano nel dettaglio le strategie per il raggiungimento degli elementi fondamentali del Piano. Per motivi di logicità alcuni elementi sono trattati congiuntamente.

5.4.3- Predisposizione di dati nazionali per un quadro conoscitivo della IAQ

a.1) Indagine sul patrimonio edilizio nazionale, sulle sorgenti e loro caratteristiche, esposizioni, stato di comfort negli ambienti

Il punto di partenza per una strategia volta al miglioramento della IAQ consiste nell'elaborazione di un'indagine sul patrimonio edilizio nazionale relativamente al numero e tipo di edifici esistenti ed al loro "stato di salute" per quanto riguarda gli inquinanti presenti.

Questo potrà consentire di effettuare una valutazione sanitaria e socio-economica dell'impatto delle strategie proposte.

L'indagine riguarda:

- abitazioni, case temporanee (roulottes, containers etc.,)
- uffici ed edifici commerciali,
- luoghi di cura, ospedali, cliniche, case di riposo,
- scuole di qualsiasi ordine e grado (con particolare riguardo ai gruppi di popolazione più sensibili),
- convitti, biblioteche,
- luoghi di svago, piscine, teatri, sale cinematografiche, ecc,
- mezzi di trasporto: treni, metropolitane, ecc.

Per ciascuna tipologia bisogna rilevare nelle linee generali:

- sistemi di condizionamento, ventilazione, riscaldamento, attrezzature domestiche, tipi di rivestimento;
- tipi di inquinanti e loro sorgenti;
- intervalli di concentrazioni esistenti e valutazione della conseguente esposizione relativamente ai diversi gruppi di popolazione coinvolti;
- effetti sanitari riscontrati;
- abitudini di vita, ecc.

Alcuni di queste informazioni sono certamente reperibili analizzando i dati dell'ultimo censimento, per altre, tipicamente le sorgenti e gli intervalli delle concentrazioni esistenti, occorre effettuare innanzi tutta un'analisi dei dati di letteratura disponibili. Inoltre, è necessario prevedere la programmazione di indagini campionarie a hoc (ad esempio i comportamenti occupanti). In tal modo si può ottenere un quadro della situazione, e conseguentemente individuare le lacune e stabilire le priorità, le modalità ed i tempi per colmarle.

Le indagini sul patrimonio edilizio e sui livelli di concentrazioni consentono di stabilire, inoltre, le correlazioni - almeno per alcuni inquinanti - tra i livelli degli stessi presenti negli ambienti ed i possibili effetti sanitari sugli individui esposti. I risultati di queste ricerche sono la base per ottenere una stima di

impatto del rischio.

a.2) Indagini epidemiologiche

Sono utili studi epidemiologici al fine di discriminare gli effetti derivanti dallo stato della qualità dell'aria indoors da quelli derivanti da altre cause.

a.3) Indagini socio/ economiche e Valutazioni costi/benefici degli interventi

Per una programmazione adeguata delle strategie da mettere in atto per la realizzazione del Piano occorre valutare quale sia il costo economico a carico del singolo e quello sociale derivanti dall'inquinamento indoors. A tal fine devono essere stimate: le perdite economiche derivanti dalla mancata produttività, il costo sanitario connesso con l'inquinamento indoors ed il costo derivante dalle azioni di recupero.

Pertanto, una volta disponibili i dati necessari, si può effettuare uno studio sull'impatto di carattere economico al fine di ottenere indicazioni sulle priorità da assegnare alle azioni di prevenzione e di rimedio.

Una politica mirata alla prevenzione ed alla riduzione del rischio sanitario, necessita che venga stabilita una scala di priorità degli inquinanti sui quali operare azioni di abbattimento, per questo motivo saranno essenziali le informazioni ottenute dall'indagine sugli edifici.

5.4.4 - Coordinamento con le eventuali iniziative esistenti

Nella realizzazione del Piano si devono analizzare le relazioni con altre iniziative eventualmente programmate o in corso presso le diverse istituzioni internazionali e nazionali, al fine di coordinare le attività ed evitare di prendere provvedimenti tra loro discordanti.

5.4.5 - Informazione

Perché il Piano sia efficace è di fondamentale importanza che tutti i soggetti coinvolti siano consapevoli del problema. Questo si può ottenere attraverso un programma di informazione da realizzare a livello nazionale.

Qualsiasi azione rivolta all'informazione deve essere preceduta da un'indagine sullo stato della percezione del rischio derivante dall'inquinamento indoor da parte della popolazione.

Si possono prevedere almeno due livelli informativi: uno rivolto alla popolazione in generale (inquilini, proprietari delle abitazioni, associazioni di categoria, ecc.) attraverso adeguate campagne di

informazione mediante i mezzi di informazione di massa, opuscoli di facile lettura, videotapes ed altro materiale informativo (così come realizzato ad esempio dall’Agenzia statunitense per la Protezione dell’Ambiente - EPA) da diffondere nelle scuole, nelle sedi delle associazioni ed a chiunque ne faccia richiesta. L’altro livello deve essere di carattere più squisitamente tecnico ed il materiale prodotto viene messo a disposizione dei costruttori, architetti, progettisti, produttori di materiali per l’edilizia e per gli interni, imprese incaricate di svolgere lavori di restauro e/o di manutenzione.

Alla luce delle considerazioni di cui sopra, si ritiene che un’azione nelle scuole sia auspicabile; gli scolari, infatti, sono un buon veicolo di trasmissione e favoriscono il coinvolgimento consapevole delle famiglie.

Si suggerisce inoltre di consultare il materiale già disponibile sull’argomento messo a punto da istituzioni internazionali e nazionali (EPA, NATO, ecc.).

5.4.6 - Formazione

Un capitolo importante deve essere dedicato alla formazione dei tecnici e del personale sanitario, con particolare riguardo ai medici di base per il loro ruolo di interfaccia con la popolazione, nonché agli insegnanti.

A questo fine devono essere sollecitate le autorità accademiche ad istituire corsi sull’argomento nell’ambito delle materie curriculari e corsi di formazione per il personale tecnico. I corsi dovranno avere il carattere di polidisciplinarietà che il problema della IAQ richiede.

Deve essere esaminata la possibilità di istituire una “laurea breve” per esperti in “qualità dell’aria” e nel contempo è possibile prevedere un corso su questo argomento nelle scuole di specializzazione in Igiene, Medicina del lavoro, ecc.

5.4.7 - Elaborazione di linee guida, standard e protocolli - Istituzione e mantenimento di un registro degli inquinanti indoors

Linee guida sulla IAQ - Registro degli inquinanti indoors

E’ necessario proteggere gli individui dagli effetti sanitari connessi con l’inquinamento indoor e pertanto, una volta nota la relazione esposizione/effetti sanitari, si devono stabilire le concentrazioni di inquinanti che comportano esposizioni accettabili.

Qualora non sia ancora ben nota la relazione esposizione/effetto, ma gli effetti sanitari siano accertati, le concentrazioni possono essere fissate con criteri conservativi, valutando i rischi, l’impatto economico e la fattibilità delle azioni proposte.

Queste linee guida possono essere elaborate in prima istanza facendo uso dei dati disponibili a livello internazionale. La struttura di questi documenti deve tener conto dei destinatari, evidenziando i punti di interesse per le categorie cui sono destinati

E' importante tener presente che i principali inquinanti indoor sono noti ed i loro effetti documentati, tuttavia è necessario prestare attenzione alla presenza di nuove sostanze che possono rivelarsi dannose per la salute. A tal fine dovrà essere individuate le modalità di istituzione e tenuta di un registro degli inquinanti indoor.

Standard di ventilazione

I problemi legati alla IAQ possono essere controllati, almeno per alcuni inquinanti, dalla ventilazione. Gli standard di ventilazione devono tener conto degli effetti sanitari e del comfort e, una volta fissati, devono essere introdotti nei codici costruttivi. Pertanto è essenziale, come sopra indicato, l'opera di sensibilizzazione, attraverso l'informazione e l'addestramento, nei confronti di tutte le maestranze coinvolte: costruttori, architetti, proprietari. Una volta fissati gli standard di ventilazione, questi devono essere applicati a tutti gli edifici di nuova costruzione. Per gli edifici esistenti, tale applicazione può comportare spese ingenti, si può favorire quindi l'adozione di standard volontari, lasciando ai tecnici la valutazione su quali valori attestarsi.

5.4.8 - Protocolli relativi alla manutenzione dei sistemi di aerazione

La messa a punto di protocolli relativi alla manutenzione dei sistemi di aerazione è auspicabile, essi possono essere redatti sotto forma di guide che prevedano l'ispezione dei filtri, il controllo dei sistemi di condizionamento, le verifiche periodiche di tutti i sistemi interessati, ed in particolar modo dopo l'effettuazione di modifiche.

5.4.9 - Codici costruttivi

I requisiti relativi alla IAQ devono essere introdotti nei codici costruttivi, con particolare riguardo ai sistemi di ventilazione, scelta dei materiali, sistemi di tenuta dell'edificio, ecc.

Considerata la complessità dell'argomento, le iniziative vanno raccordate con quanto avviene a livello nazionale e locale ed esaminate nelle strutture all'uopo preposte.

5.4.10 - Identificazione dei prodotti con bassa emissività di inquinanti utilizzati negli ambienti interni - Etichettatura

L'identificazione dei prodotti con bassa emissività di inquinanti, attraverso l'etichettatura dei contenitori, può costituire un incentivo per l'industria a sviluppare e commercializzare tali prodotti. L'etichettatura ha la funzione di informare i consumatori sulle caratteristiche del prodotto senza

costituire una qualificazione del prodotto dal punto di vista sanitario. Inoltre favorisce una riduzione generale delle emissioni, ovviamente a fronte di un'adeguata opera di informazione nei confronti degli utilizzatori.

5.4.11 - Accredimento degli operatori nella IAQ

E' opportuno predisporre dei sistemi di qualificazione (accreditamento) per coloro che svolgono attività nel campo della diagnostica e della messa in opera dei sistemi di miglioramento della IAQ. A questo proposito devono essere previsti anche dei corsi di addestramento per le maestranze coinvolte; tali corsi devono tener conto della multidisciplinarietà dei problemi trattati.

Le procedure di accreditamento devono uniformarsi a quanto viene fatto a livello internazionale.

5.4.12 - Sistemi di controllo e verifica delle azioni messe in atto per la realizzazione del Piano

I sistemi di controllo e verifica possono essere messi in atto facendo ricorso a diversi strumenti quali: controllo a livello di progettazione e costruzione degli edifici; gestione adeguata del programma di IAQ; controlli periodici sull'inquinamento rilevato negli ambienti.

a) Localizzazione, progettazione e costruzione degli edifici

a.1) Localizzazione

Indagini sul sito di localizzazione hanno lo scopo di stabilire la sua idoneità nei confronti di alcuni requisiti relativi alla qualità dell'aria. Particolare attenzione va dedicata alle indagini sul radon ed all'accumulo di umidità.

a.2) Progettazione

All'atto della progettazione di un edificio devono essere previste tutte le azioni volte a garantire un'adeguata IAQ. In particolare, si devono prevedere l'impiego di materiali con bassa emissività di sostanze inquinanti, la presenza di aperture e volumi che consentano una buona ventilazione, l'isolamento dal terreno sottostante ecc.

a.3) Scelta dei materiali e dei sistemi di combustione

I materiali impiegati devono avere bassa emissività di sostanze inquinanti. A tale scopo è opportuno quindi che i progettisti lavorino in stretto contatto con i fabbricanti per scegliere i materiali più adeguati. Per evitare la deposizione di particolato l'arredamento deve essere tale da ridurre le superfici orizzontali. Infine per quel che riguarda le attrezzature destinate alla combustione occorre, anche in questo caso, che progettisti e fabbricanti valutino congiuntamente i requisiti dei sistemi di aerazione in relazione ai fumi di combustione.

a.4) Costruzione

Nella costruzione dell'edificio si deve porre attenzione che essa sia conforme a quanto previsto dal progetto con particolare riferimento alle caratteristiche strutturali.

a.5) Collaudo

Nella fase di collaudo degli edifici deve essere previsto l'esame del sistema di condizionamento installato e della documentazione relativa; i criteri di ventilazione adottati nel periodo iniziale di occupazione dell'edificio, quando l'emissione dei prodotti organici volatili è maggiore, e nei periodi successivi. Dovranno, anche, essere esaminati i criteri di manutenzione e di gestione dei sistemi di controllo della IAQ, di scelta del personale cui si affida la responsabilità della gestione e della manutenzione, ed effettuato un esame accurato dei materiali utilizzati nella costruzione e nell'arredo

b) Controllo dell'inquinamento indoor

b.1) Controllo dei contaminanti biologici

Come è noto i contaminanti biologici si sviluppano in presenza di umidità e poiché molti materiali da costruzioni sono dei nutrienti delle muffe, la presenza di umidità va comunque evitata attraverso l'impiego di deumidificatori, l'impiego di sistemi di ventilazione opportuni, ecc.

I contaminanti biologici possono, quindi, essere controllati mediante una manutenzione adeguata dell'edificio, dei materiali impiegati e dei sistemi di ventilazione e condizionamento.

b.2) Controllo dei composti organici volatili (VOC) e di altri inquinanti indoor

I livelli dei VOC che si trovano negli ambienti interni si possono controllare effettuando un'accurata scelta dei materiali da costruzione e da arredo e dei prodotti utilizzati per la pulizia. I progettisti, gli architetti, nonché i responsabili della manutenzione devono prediligere prodotti adeguati e mantenersi aggiornati sulle nuove disponibilità.

Per quel riguarda gli altri inquinanti, particolare attenzione deve essere prestata al radon, limitandone la presenza in fase progettuale, eliminando le crepe e le eventuali fessure presenti a livello del piano di fondazione ed evitando l'impiego di materiali con alto contenuto di radioattività naturale. Altri inquinanti sono i gas di combustione, che possono essere controllati mediante un'adeguata ventilazione degli ambienti dove sono presenti le sorgenti.

La presenza di particolato va evitata poiché la risospensione può causare effetti nocivi alla salute. L'impiego di aspiratori per le pulizie domestiche permette di ridurre la risospensione. Misure per evitare l'esposizione dei non fumatori al fumo passivo devono essere messe in atto nei locali pubblici e nei posti di lavoro.

c) Controlli periodici

Si deve prevedere un controllo periodico dei sistemi di condizionamento e di ventilazione ed una verifica della IAQ, almeno negli ambienti pubblici e di lavoro, a cura di "ispettori" opportunamente addestrati. I controlli e le verifiche sulle misure messe in atto sono essenziali ai fini del raggiungimento di una buona IAQ, essi devono essere resi obbligatori almeno negli edifici pubblici ed in quelli destinati alla vita collettiva.

La verifica della IAQ è necessaria per valutare l'effetto di eventuali azioni di rimedio, ad esempio quella effettuata per ridurre la concentrazione di radon.

I risultati delle verifiche e dei controlli devono essere documentati.

5.4.13 - Promozione della ricerca

Il rationale che sta alla base di un adeguato programma di ricerche consiste in un esame accurato dell'attuale stato dell'arte della IAQ, che tenga conto di quanto avviene a livello nazionale ed internazionale.

In base a questo esame si possono tracciare le linee del programma da mettere in atto che devono prendere in considerazione le sorgenti inquinanti, gli effetti sanitari e lo sviluppo tecnologico

I programmi di ricerca devono tener conto dell'impegno a livello internazionale, in particolare con quanto avviene in sede di Unione Europea

Caratterizzazione delle sorgenti

Come già detto, uno dei problemi principali consiste nella identificazione degli inquinanti, nella valutazione delle quantità emesse e nella conseguente esposizione. Pertanto devono essere previsti programmi di ricerca volti alla identificazione dei principali inquinanti presenti negli ambienti indoor dovuti ad emissioni dal suolo, materiali da costruzione, prodotti di largo consumo, apparecchiature di vario tipo (stufe, fornelli, scaldabagni, ecc.), attività umane, ed alla valutazione delle concentrazioni esistenti.

Il lavoro di ricerca deve prevedere anche la messa a punto di protocolli per la standardizzazione delle misure, così da consentire la confrontabilità dei dati sperimentali.

Effetti sanitari

Per quanto riguarda gli effetti sanitari vanno promossi studi mirati agli effetti dell'esposizione agli inquinanti in ambienti confinati, ed alle miscele di differenti inquinanti, al ruolo dell'inquinamento indoors nello sviluppo di reazioni allergiche, di manifestazioni di ipersensibilità ai vari inquinanti e sulla sensibilità multipla ad agenti chimici, nota anche come "malattia ambientale". In questo contesto possono essere avviate indagini epidemiologiche al fine di evidenziare una relazione causa/effetto.

Sviluppo della tecnologia

Occorre indirizzare il lavoro di ricerca verso lo studio dei mezzi diagnostici, di riduzione e di controllo della IAQ. Le ricerche nel campo delle tecniche di riduzione e di controllo possono offrire alternative valide dal punto di vista pratico ed economico. Si deve giungere a mettere a punto metodi semplici ed efficaci per la misurazione della ventilazione, per la caratterizzazione e quantificazione degli organismi e dei loro allergeni, nonché di altri agenti che possano avere effetti sulla salute.

SBS e BRI

Occorre procedere nella identificazione delle cause che determinano la sindrome dell'edificio malato (SBS) e sulle malattie connesse con l'edificio (BRI). Lo studio combinato degli effetti sanitari e della diagnostica sull'edificio è essenziale per la comprensione dei problemi della qualità dell'aria indoor.

Per la realizzazione delle ricerche si deve procedere ad una valutazione dei fondi necessari e reperire i relativi finanziamenti. Si sottolinea ancora una volta come la ricerca sia essenziale per risolvere i problemi legati alla IAQ e come, in questo contesto, il problema del reperimento dei fondi giochi un ruolo di cruciale importanza.

5.4.14 - Normativa

La normativa costituisce uno strumento essenziale per rendere operativo il Piano.

Nel nostro Paese non esiste allo stato attuale una normativa di riferimento, nonostante siano in essere alcune disposizioni nazionali e direttive comunitarie su argomenti diversi riguardanti la qualità dell'aria. Di queste disposizioni viene dato un elenco del materiale disponibile, riportato in appendice al presente Rapporto. La sua frammentarietà impedisce una gestione unitaria della materia, occorre quindi fare uno sforzo per giungere ad una razionalizzazione.

Nel caso della IAQ, considerata la peculiarità dei beni coinvolti, in particolare le abitazioni, si potranno prevedere, almeno nella fase iniziale, due tipi di strumenti: raccomandazioni e misure impositive. Queste ultime possono essere richieste per gli ambienti pubblici e di lavoro, mentre per le abitazioni, almeno in prima istanza possono essere emanate delle raccomandazioni, che, qualora l'opera di informazione abbia raggiunto gli obiettivi, possono essere messe in atto quando si effettuano ristrutturazioni (vecchi edifici) e rese obbligatorie all'atto della costruzione di nuovi edifici.

Incentivi finanziari, ad esempio sotto forma di mutui agevolati, detrazione dalle imposte, ecc, devono essere previsti per coloro che mettono in atto le raccomandazioni.

A nostro avviso si ritiene che fare una distinzione a livello normativo tra vecchi e nuovi edifici è da scartare per motivi di ordine etico, tuttavia una analisi caso per caso sull'impatto dell'adozione di livelli differenziati potrebbe suggerire l'opportunità di avere un doppio sistema.

Capitolo 6 - Il Piano di Prevenzione per la tutela e la promozione della salute negli ambienti interni

6.1 L'inquinamento indoor nel quadro della politica sanitaria nazionale ed internazionale

Il contesto internazionale

Nel 1977 la 30^a Assemblea Mondiale della Sanità stabilì che obiettivo principale dei governi e dell'OMS, deve essere il conseguimento, da parte di tutti i cittadini del mondo entro l'anno 2000, di un livello di salute che renda possibile una vita socialmente ed economicamente produttiva" (Resolution World Health Assembly 30/43).

A tale scopo l'Ufficio Regionale Europeo dell'OMS nel 1984 formulò un'organica strategia europea per il raggiungimento dell'obiettivo di salute per tutta la popolazione entro l'anno 2000 e lo slogan che esplicitava questa proposta fu per l'appunto *Health For All* (HFA). Per la prima volta si enfatizzava l'importanza di un approccio preventivo rispetto a quello curativo, affrontando queste tematiche sanitarie con una nuova visione multidisciplinare all'interno della quale i problemi inerenti la salute e l'ambiente erano visti congiuntamente.

Questa proposta di strategia si esplicitò in 38 obiettivi (targets) da raggiungere entro l'anno 2000. Tali obiettivi nel settembre 1998 sono stati ridotti a 21 e tra di essi ricordiamo:

Target 8	Riduzione delle malattie non trasmissibili	Per l'anno 2020 la morbosità, la disabilità e la mortalità prematura dovuta alle malattie croniche più importanti dovrebbe essere ridotta ai più bassi livelli ottenibili in tutta la Regione europea.
Target 9	Riduzione delle lesioni dovute a violenza ed incidenti	Entro l'anno 2020 vi dovrebbe essere un significativo e sostenibile decremento delle lesioni, disabilità e morti dovute ad incidenti e violenze nella Regione.
Target 10	Ambiente fisico sano e salubre	Per l'anno 2015, le genti della Regione europea dovrebbero vivere in un ambiente fisico più sicuro, con esposizione ai contaminati pericolosi per la salute a livelli non eccedenti gli standard concordati internazionalmente.
Target 11	Adottare stili di vita più sani	Per l'anno 2015 le genti della Regione europea dovrebbero adottare stili di vita più sani.
Target 13	Condizioni favorevoli	Per l'anno 2015 le genti della Regione europea dovrebbero avere la possibilità di vivere in un contesto

alla salute

fisico e sociale favorevole alla salute, a casa, a scuola,
nel loro luogo di lavoro e nei luoghi pubblici.

Nel 1989, a Francoforte, l'Ufficio regionale Europeo dell'Organizzazione Mondiale per la Sanità ha promosso la I Conferenza Interministeriale su Ambiente e Salute, in cui per la prima volta le istanze ambientali e sanitarie venivano affrontate in modo congiunto.

In occasione di questa Conferenza fu approvata la Carta Europea per l'Ambiente e la Salute" (European Charter on Environment and Health) (1). Tale Carta ha costituito un momento fondamentale per lo sviluppo delle azioni politiche sanitarie ed ambientali all'interno di un quadro unitario ed ha indicato orientamenti e strategie d'azione, basate più su principi di prevenzione che di cura, che toccano molteplici settori della società.

La Carta inoltre ha proposto un diverso approccio per la valutazione dell'impatto ambientale delle nuove strategie di sviluppo, nel quale l'attenzione doveva essere puntata, prima che su altri fattori, sugli aspetti sanitari e le ripercussioni sulla salute umana. Si individuavano quindi gli strumenti di azione a livello della sanità pubblica, si incoraggiava il progresso della ricerca scientifica in particolare su alcuni temi ritenuti particolarmente urgenti, ed infine si definivano le priorità di intervento, tra le quali la qualità dell'aria negli ambienti confinati, in cui venivano compresi gli ambienti abitativi, ricreativi e di lavoro, ponendo l'attenzione particolarmente agli effetti del fumo passivo, radon e degli inquinanti chimici.

Da questa Conferenza è emersa l'esigenza di rafforzare la collaborazione tra gli stati europei sugli aspetti sanitari della protezione ambientale; per tale scopo nacque nel 1991 il Centro Europeo Ambiente e Salute dell'OMS, con sede a Roma ed a Bilthoven. Tra le numerose iniziative del Centro è da annoverare la ricerca "Concern for Europe's tomorrow" del 1995 (3) con la quale, nell'ambito di un'analisi paneuropea, si è tentato di quantificare l'esposizione della popolazione europea ai diversi fattori ambientali nocivi per la salute, tra cui alcuni inquinanti indoor come fumo passivo, radon, ossidi di azoto, ecc., e di fornire delle raccomandazioni per la soluzioni delle relative problematiche.

Tale ricerca ha costituito il documento di riferimento per la II Conferenza Interministeriale su Ambiente e Salute, tenutasi ad Helsinki nel 1994. I lavori della Conferenza si conclusero con l'approvazione di un Piano di attività per la salute ambientale in Europa" (Environmental Health Action Plan for Europe - EHAP), nel quale fu stabilita una strategia globale per le attività degli anni successivi e fu preso l'impegno da parte di tutti i paesi ad elaborare Piani d'azione nazionali per l'Ambiente e la Salute" (National Environmental Health Action Plan - NEHAP) (2).

Recentemente si è svolta a Londra (16-18 giugno 1999) della terza Conferenza Interministeriale su Ambiente e Salute, in questa occasione i Ministri della Sanità, dell'Ambiente e dei Trasporti dei 50 paesi della regione Europea della Organizzazione Mondiale della Sanità hanno sottoscritto un documento di impegno ad assumere tutte le iniziative per contrastare gli effetti sulla salute correlati alle esposizioni agli inquinanti ambientali, ivi compresi gli inquinanti indoor. Sono stati considerati di particolare interesse, specie per la salute dell'infanzia, due aspetti connessi alla qualità dell'aria interna: l'esposizione al fumo passivo, l'asma bronchiale e le allergie e sono state individuate le seguenti azioni specifiche a livello nazionale:

Fumo di sigarette

1. Avviare tutti gli sforzi necessari per assicurare una adeguata informazione dei cittadini sulla dipendenza che il fumo di sigaretta produce e sui suoi effetti nocivi. Promuovere tutte le forme possibili di educazione sanitaria per i genitori, gli insegnanti, il personale sanitario.
2. Proibire il fumo in tutti i luoghi pubblici e avviare tutte le misure perché i divieti vengano rispettati.
3. Proibire tutte le forme dirette e indirette di pubblicità del fumo

Asma bronchiale ed allergie

1. Aumentare la consapevolezza della popolazione sui fattori di rischio dell'asma bronchiale e sulle loro conseguenze in sanità pubblica. Partecipare allo sforzo internazionale a favore della ricerca sulle cause dell'aumento della malattia.
2. Promuovere gli interventi per migliorare le condizioni abitative con particolare riguardo per gli standard di ventilazione e i livelli di umidità interna.
3. Sviluppare linee guida sulla qualità delle abitazioni per minimizzare i rischi associati alla polvere domestica, alle forfore animali, all'umidità e muffe, e ai prodotti di combustione interni
4. Creare scuole libere da allergeni, bandire l'uso di moquettes nelle strutture scolastiche, limitare l'uso di agenti chimici irritanti per la pulizia, proibire le attività di costruzione e/o di manutenzione edilizia quando sono presenti bambini nella struttura scolastica.

Per quanto concerne l'Unione Europea, il Parlamento europeo ed il Consiglio hanno recentemente adottato un programma di azione comunitario (1999-2003) relativo alle malattie connesse con l'inquinamento ambientale. Il programma ha lo scopo di migliorare le conoscenze sulle malattie correlate con l'inquinamento e di definire le strategie per la loro prevenzione. E' auspicata una cooperazione internazionale e la collaborazione delle varie istituzioni, organizzazioni ed associazioni attive nel settore.

Il Piano Sanitario Nazionale (PSN)

La legge di riforma sanitaria (833/78) recependo gli orientamenti di politica sanitaria internazionali, appena emergenti in tema di salute, "HFA - 2000" (1977) attribuisce alla prevenzione delle malattie, alla promozione della salute, alla salvaguardia della salubrità dell'ambiente naturale di vita e di lavoro, ed alla lotta all'inquinamento un ruolo fondamentale nella definizione dei programmi e degli obiettivi di salute per il SSN.

Bisogna, però, rilevare che la legge di riforma sanitaria pur attribuendo pari rilievo alla prevenzione dall'inquinamento negli ambienti di vita e di lavoro e nell'ambiente esterno ha trovato applicazione solo per questi ultimi.

Il Piano Sanitario Nazionale (PSN) 1998-2000, seguendo i target e gli indicatori sanitari internazionali, ribalta la tradizionale impostazione della politica sanitaria italiana che privilegia la cura e l'intervento medico, per affermare l'importanza di azioni positive come la prevenzione delle malattie e la promozione della salute. Le principali tematiche sanitarie sono affrontate con una nuova visione multidisciplinare, all'interno della quale i problemi inerenti la salute e l'ambiente vengono visti congiuntamente: la qualità dell'aria, dell'acqua, del cibo, del suolo, delle abitazioni e dei modelli comportamentali sono considerati determinanti ai fini della salute.

In effetti, numerose condizioni di morbosità, disabilità e mortalità prematura possono essere prevenute promuovendo stili di vita positivi, riducendo e, ove possibile, eliminando i fattori di rischio presenti nell'ambiente e riducendone l'esposizione della popolazione, specialmente delle fasce più a rischio.

Il Piano sanitario conferisce molta importanza alla IAQ, quale determinante dello stato di salute della popolazione ed alle azioni volte alla riduzione dei fattori di rischio presenti negli ambienti di vita e di lavoro e prevede tra gli obiettivi specifici la prevenzione ed il controllo del fumo passivo e del radon negli ambienti chiusi.

In particolare l'obiettivo I°: “promuovere comportamenti e stili di vita per la salute” mira alla tutela della salute dei fumatori attivi e passivi mediante la riduzione della prevalenza dei fumatori attivi (specie giovani e donne in gravidanza) e la riduzione dell'esposizione dei non fumatori al fumo passivo. Tra le azioni indicate vi è la promozione di interventi di educazione sanitaria con particolare riferimento alla popolazione in età scolare, iniziative volte alla limitazione del consumo di tabacco (specie tra i giovani) e la promozione del rispetto della normativa vigente sul divieto di fumo nei locali pubblici e negli ambienti di lavoro.

L'obiettivo II: “contrastare la principali patologie” mira essenzialmente alla riduzione della mortalità prematura e della disabilità, causate dalle principali malattie che colpiscono la popolazione italiana tra cui le patologie cardiovascolari, i tumori, incidenti e malattie professionali e altre patologie di rilievo sociale: le malattie allergiche (soprattutto le forme respiratorie in età pediatrica), l'asma bronchiale e la bronchite cronica.

Sono indicate azioni di tipo collettivo dirette a modificare gli stili di vita e a ridurre l'inquinamento ambientale ed interventi di prevenzione individuale nei confronti delle persone a rischio. Le suddette azioni sono volte a ridurre l'incidenza/prevalenza delle patologie correlate con l'inquinamento, la loro tendenza all'aggravamento ed all'evoluzione verso forme gravi ed invalidanti e, pertanto, tendono al miglioramento della qualità della vita ed alla riduzione delle conseguenze in termini di costi economici socio-sanitari

Il Piano Sanitario sottolinea, inoltre, l'ampiezza del fenomeno degli incidenti domestici (es.intossicazione acuta da CO), che occupa sicuramente un posto di grande rilievo nell'ambito dei temi legati alla prevenzione degli eventi evitabili. Sono indicate le seguenti azioni di prevenzione: il rispetto di condizioni di corretto utilizzo degli spazi abitativi, degli impianti e dei complementi di arredo ai fini della sicurezza, l'importanza della promozione di campagne finalizzate all'informazione ed alla sensibilizzazione della popolazione nonché l'informazione, formazione ed aggiornamento dei principali soggetti della prevenzione.

Infine, l'obiettivo III del Piano: “miglioramento del contesto ambientale” attribuisce molta importanza alle azioni di prevenzione primaria dagli inquinanti più dannosi presenti nell'aria: ossido di carbonio, ossidi di azoto, benzene, amianto, ozono etc.

Un capitolo specifico è dedicato al radon, alla riduzione del rischio di tumore polmonare derivante dall'esposizione a questo inquinante nelle abitazioni ed in altri luoghi chiusi. Le azioni proposte sono: la riduzione della sua concentrazione, l'individuazione delle situazioni con concentrazioni di radon più elevate e delle sue fonti di provenienza, la predisposizione di norme specifiche, lo studio degli interventi correttivi, la corretta informazione della popolazione e la formazione delle categorie professionali interessate.

6.2 - Il Piano di Prevenzione per la tutela e la promozione della salute negli ambienti interni

Gli obiettivi e le azioni contenute nel Piano di Prevenzione sono in linea con gli obiettivi e le azioni del Piano Sanitario Nazionale e privilegiano gli interventi di prevenzione per i quali esiste la documentazione scientifica della loro efficacia nel ridurre l'esposizione della popolazione e/o nel ridurre gli effetti sanitari. Gli interventi di prevenzione, affrontano, inoltre, in modo prioritario i temi delle disuguaglianze dello stato di salute e favoriscono comportamenti e stili di vita positivi improntati alla salute.

6.2.1 - Principi dell'intervento

Il Piano di Prevenzione per la tutela e la promozione della salute negli ambienti interni si fonda sui seguenti principi:

1. diritto per tutti, inclusi anziani, bambini e allergici, alla salute, definita, in accordo con l'OMS, uno stato di completo benessere psicofisico" e non solamente come assenza di malattia";
2. "sostenibilità" degli edifici, dal punto di vista della progettazione, costruzione, ristrutturazione e gestione, per gli aspetti che riguardano l'ambiente e l'energia;
3. prevenzione scientificamente giustificata, cioè fondata su solide conoscenze scientifiche e sulla priorità della tutela degli interessi della sanità pubblica rispetto a quelli economici, dell'industria, del commercio e della produzione;
4. eliminazione/contenimento obbligatorio anche mediante opportuni interventi legislativi dell'esposizione ai fattori di rischio più gravi, come ad esempio agenti cancerogeni, fumo di tabacco, ecc.;
5. incentivazione con metodi educativo/persuasivi al contenimento/eliminazione volontaria da parte della popolazione dell'esposizione ai fattori di rischio meno gravi (es. tutela del comfort, ecc.) con campagne informative ed eventualmente con incentivi di mercato;
6. responsabilità degli attori sociali. Secondo tale principio i datori di lavoro, costruttori, collaudatori, produttori e gestori di sistemi di ventilazione, produttori di materiali, gestori degli edifici, manutentori, ecc. sono responsabili, per la parte di competenza, della garanzia della tutela della qualità dell'aria nei confronti degli utenti (lavoratori e/o consumatori);
7. partecipazione dei cittadini alla gestione delle politiche di intervento preventivo e rispetto delle

regole di sussidiarietà negli interventi tra Stato ed Enti Locali e tra Enti Locali e cittadini.

6.2.2 - Obiettivi principali

Il Piano di Prevenzione per la tutela e la promozione della salute negli ambienti interni si pone i seguenti obiettivi principali

1. tutela della salute della popolazione, in particolare delle fasce più vulnerabili;
2. conoscenza delle condizioni abitative e degli stili di vita della popolazione e promozione di stili di vita sani;
3. ambienti di lavoro che garantiscano benessere e produttività;
4. ambienti di vita sani e sicuri; riduzione dell'inquinamento domestico (specie l'esposizione al fumo passivo);
5. incentivazione, e per taluni aspetti obbligo, alla costruzione e ristrutturazione di edifici e di ambienti igienicamente sani, compatibili con l'ambiente ed efficienti nell'uso dell'energia;
6. prevenzione dei costi sanitari e sociali dell'inquinamento indoor;
7. tutela del consumatore e incentivo alla produzione ed al consumo di materiali/prodotti sani.

6.2.3 - Strategie di lavoro

Il Piano di Prevenzione, secondo una strategia generale di sanità pubblica, prevede una concertazione di azioni, nella quale si integrino le competenze igienico-sanitarie con quelle dell'architettura, dell'ingegneria e delle scienze gestionali e sociali.

In vista dei diversi settori di intervento del Piano di Prevenzione, è indispensabile prevedere il coinvolgimento ed il coordinamento degli altri settori interessati dell'Amministrazione, in particolare i Ministeri dell'Ambiente, dell'Industria, Commercio e Artigianato, dei Lavori Pubblici, degli Affari Sociali, della Pubblica Istruzione e della Ricerca Scientifica. Nella tabella 6.1 sono indicate alcune delle possibili aree di intervento, relative alla IAQ, che interessano in maniera diretta altre Amministrazioni centrali.

Un ruolo significativo nella applicazione del Piano spetta anche alle Amministrazioni Regionali che sono depositarie di specifiche funzioni e materie delegate in molti dei settori di competenza del Piano.

Una parte rilevante dell'intervento deve essere rivolta alla informazione ed alla educazione della popolazione, cosicché essa sia in grado di svolgere un ruolo attivo nella prevenzione e vengano coinvolte anche le parti sociali e le associazioni.

Oltre agli interventi di tipo normativo, basati su standard di sanità pubblica, il Piano opera con la predisposizione di strumenti tecnici, con campagne formative del personale tecnico del Servizio Sanitario Nazionale e di quello operante in altri settori, con campagne di informazione e di educazione

sanitaria della popolazione, e con il supporto di un piano nazionale finalizzato di ricerca. Quando possibile, il Piano può utilizzare anche strumenti di mercato ed incentivi economici e fiscali per orientare i comportamenti ed i consumi della popolazione verso gli obiettivi desiderati.

Tabella 6.1 – Aree di intervento che interessano altre Amministrazioni centrali dello Stato

Ministero dell’Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> - sviluppo di attività normativa coordinata con il ministero della Sanità in tema di qualità dell’aria e qualità dell’ambiente - sviluppo di attività coordinate di ricerca - messa a punto di un programma di formazione per i tecnici del SSN, dell’ANPA e delle Agenzie Regionali
Ministero dei Trasporti	<ul style="list-style-type: none"> - sviluppo coordinato di norme per la IAQ sui mezzi di trasporto - sviluppo della ricerca sui problemi specifici relativi all IAQ sui mezzi di trasporto e sulle possibilità di intervento per migliorarla
Ministero dell’Industria, Commercio e Artigianato	<ul style="list-style-type: none"> - messa a punto di tecniche standard per la valutazione delle emissioni e per la classificazione dei materiali - sviluppo di procedure di etichettatura dei materiali e di certificazione - concerto con il Min Sanità nella definizione di normativa sull’impiego dei biocidi e dei prodotti chimici di largo consumo - promozione di campagne di informazione presso i produttori e gli utilizzatori primari
Ministero dei Lavori Pubblici	<ul style="list-style-type: none"> - definizione di principi e di standard per l’integrazione dei regolamenti edilizi - definizione di norme per l’edilizia pubblica, residenziale e non , coerenti con i temi dell’IAQ
Ministero degli Affari Sociali	<ul style="list-style-type: none"> - sviluppo di campagne di informazione ed educazione della popolazione - sviluppo di attività rivolte alla tutela dei consumatori
Ministero della Pubblica Istruzione	<ul style="list-style-type: none"> - definizione di principi e di standard per la qualità dell’ambiente dell’edilizia scolastica - promozione di interventi di educazione sanitaria, con particolare riferimento alla popolazione in età scolare, agli insegnanti ed ai genitori, sui temi relativi al fumo di tabacco attivo e passivo e sui rischi per la salute presenti negli ambienti confinati (es. avvelenamento da CO)
Ministero dell’Università e della Ricerca Scientifica	<ul style="list-style-type: none"> - coordinamento del piano nazionale finalizzato di ricerca sulla IAQ - sviluppo di attività di formazione universitaria nelle aree scientifiche, progettuali e produttive

6.2.4 - Azioni proposte a livello normativo e tecnico

1. Requisiti funzionali degli ambienti e standard/valori guida di qualità dell'aria

Si prevede l'emanazione di una normativa che coordini in modo organico i requisiti igienici e funzionali degli ambienti interni di lavoro e di vita. In particolare devono essere indicati valori guida di qualità dell'aria raccomandati per i diversi tipi di ambienti e le azioni necessarie o prescritte a seconda del livello di qualità raggiunto.

Per gli ambienti di lavoro, è necessario che la normativa si accordi alle disposizioni previste dal D.L.vo 626/94 e vengano indicati standard minimi di qualità e livelli di azione.

Per gli edifici ad uso pubblico o aperti al pubblico, i vigenti regolamenti locali di igiene devono essere integrati con standard minimi di qualità e livelli di azione e devono prevedere standard di ventilazione in rapporto alle diverse tipologie funzionali.

E' necessario programmare azioni specifiche per le condizioni igieniche delle scuole e degli ospedali e per i mezzi di trasporto sia mediante standard minimi di qualità e livelli di azione che mediante standard di ventilazione.

Per le abitazioni si devono indicare valori raccomandati di qualità dell'aria e, per il radon, i livelli di azione oltre i quali raccomandare o imporre di intervenire per ridurre i valori di concentrazione. A scopo preventivo vanno predisposte norme costruttive specifiche anti-radon per le nuove costruzioni, più stringenti nelle zone con maggiore presenza di radon, nonché norme per la limitazione dell'emissione di radon (e radiazione gamma) dai materiali da costruzione.

Le azioni di supporto a questa parte del Piano consistono nella predisposizione di metodi di misura di riferimento, nella formazione del personale del SSN, e nella garanzia di servizi di misura di qualità certificata tramite strutture pubbliche e private accreditate.

2. Azioni specifiche per sorgenti o inquinanti

2.1. E' necessario dare priorità assoluta alle azioni di prevenzione contro il *fumo di tabacco*, estendendo gli ambienti soggetti a proibizione, vietando il fumo in tutti gli ambienti di lavoro a breve termine, realizzando una normativa specifica per gli ambienti per fumatori, e sviluppando la ricerca e l'uso di misuratori attivi e passivi, particolarmente in ambienti quali scuole, ospedali e altri edifici aperti al pubblico (bar, ristoranti, luoghi di lavoro al chiuso non aperti al pubblico) .

Particolare stimolo deve essere dato, con appropriate campagne di informazione e di educazione sanitaria a comportamenti preventivi nelle abitazioni, in particolare per limitare l'esposizione dei

bambini agli inquinanti interni, specie al fumo passivo.

Considerando che il 50% dei bambini sono correntemente esposti al fumo passivo nelle mura domestiche ed i livelli di esposizione sono più elevati nelle famiglie di condizione sociale più bassa, gli interventi di prevenzione devono essere rivolti specialmente a favore di gruppi sociali meno avvantaggiati e per rispondere all'obiettivo della riduzione delle diseguaglianze previsto dal PSN

- 2.2. *Radon*: è necessario predisporre a breve termine un programma nazionale di azione per il radon, comprendente livelli di azione raccomandati o imposti per limitare l'esposizione negli ambienti di lavoro e negli ambienti di vita, soluzioni tecniche edilizie da adottare nei nuovi e nei vecchi edifici, metodi e apparecchi di misura, test delle aree, informazione della popolazione ed incentivi materiali all'intervento preventivo dei singoli proprietari.
- 2.3. *Materiali per edilizia (compresi isolanti) e arredo*: la strategia di intervento consiste nella proibizione di impiego di materiali pericolosi o insalubri e nell'incentivo alla produzione e all'impiego di materiali igienicamente idonei. A tal fine è necessaria la definizione di procedure tecniche standard di saggio delle emissioni, classificazione dei materiali per le proprietà igieniche e ambientali, etichettatura e marchi di qualità dei prodotti per l'orientamento dei professionisti del settore e dei consumatori, tenendo conto anche di quanto previsto dalla Direttiva 89/106/CEE concernente i materiali da costruzione e dalla Direttiva 67/548/CEE concernente la limitazione dell'immissione sul mercato e dell'uso di talune sostanze e preparati pericolosi, recepita dal D.M. 12.8.1998 del Ministero della Sanità e che prevede che non debbono essere immessi sul mercato sostanze e preparati classificati come cancerogeni, mutageni e tossici per la riproduzione, nelle categorie 1 e 2.
- 2.4. *Agenti biologici*: si devono sviluppare tecniche qualificate per la valutazione del rischio negli ambienti, metodi standard di misura, valori guida di riferimento nell'aria.
- 2.5. *Allergeni*: riduzione della concentrazione degli allergeni indoor e dell'esposizione degli allergici ai fattori inquinanti indoor attraverso azioni di ordine conoscitivo (epidemiologico, clinico, sperimentale) e attraverso interventi normativi, di divulgazione, di educazione. Le diverse iniziative devono essere modulate sulla peculiare situazione italiana e mirate a risultati nel breve, medio, lungo termine.
- 2.6. *Prodotti chimici di largo consumo*: si deve procedere alla predisposizione, in armonia con la Direttiva 98/8/CEE, della normativa nazionale per l'impiego dei biocidi, con particolare attenzione alla valutazione del rischio per il consumatore ed al loro impatto sulla qualità dell'aria, anche alla luce del D.M 12.8.1998 del Ministero della Sanità (vedi punto 2.3). Analogamente si dovrebbe procedere per i materiali per le pulizie.
- 2.7. *Gas di combustione*: per fornelli a gas, stufe a gas, e stufe con altri combustibili è necessario migliorare ulteriormente la normativa, le procedure di certificazione, e la normativa tecnica relativa alle verifiche ed alla manutenzione.

3. Produzione e gestione degli edifici

L'intervento del Piano deve realizzarsi nelle seguenti aree:

- definizione di principi e standard che integrino gli strumenti normativi vigenti (Regolamento edilizio, Regolamento d'igiene, Norme tecniche) finalizzandoli allo stato igienico-sanitario degli impianti aerulici e al controllo della qualità dell'aria;
- linee-guida dettagliate per la progettazione edilizia e per le soluzioni di ventilazione (portate di aria esterna minime, griglie di ventilazione e misura del numero di ricambi d'aria nelle residenze);
- strumenti di valutazione per la scelta dei materiali (ecolabel);
- regole per il commissioning degli edifici;
- regole per la manutenzione degli edifici; istituzione obbligatoria del libretto di manutenzione;
- regole per la progettazione, gestione, e manutenzione dei sistemi di ventilazione e climatizzazione, volte a garantire la qualità per il consumatore;
- accreditamento e certificazione dei servizi di manutenzione agli edifici;
- accreditamento e certificazione dei consulenti e dei servizi per la qualità dell'aria.

4. Azioni previste a livello formativo

Il Piano di Prevenzione conferisce grande importanza alle azioni di formazione, in particolare per i professionisti che operano nel settore edilizio, tecnologico-impiantistico e dei servizi di prevenzione.

Allo scopo di migliorare la diffusione delle conoscenze generali sulla prevenzione dell'inquinamento dell'aria negli ambienti interni, si deve valutare come inserire i temi della prevenzione e della qualità dell'aria nei curricula formativi delle scuole superiori e dell'università. Programmi specifici devono essere predisposti per la formazione dei formatori.

Per il personale tecnico del SSN, ISS, ISPESL, ANPA, ARPE, ed altri enti territoriali è necessario varare un programma poliennale di corsi di orientamento, formazione e aggiornamento.

E' opportuno prevedere un addestramento specifico del personale sanitario e tecnico circa le tecniche di valutazione del rischio, i metodi di misura, le tecniche per valutare l'esposizione e le tecniche di prevenzione per i principali inquinanti (radon, fumo di tabacco, VOC, particolato, microrganismi, allergeni)

5. Azioni previste a livello informativo e di educazione sanitaria

In collaborazione con gli ordini professionali ed associazioni, si deve procedere alla realizzazione di materiale informativo, scientificamente qualificato, da utilizzare per la promozione di campagne informative rivolte sia alla popolazione generale (famiglie, consumatori, insegnanti, studenti della scuola dell'obbligo, rappresentanti dei lavoratori per la sicurezza, pazienti asmatici, soggetti atopici) sia ai professionisti: medici (medico di famiglia, igienisti, medici del lavoro, specialisti di malattie respiratorie, allergologi); ingegneri, architetti, designers; proprietari e gestori immobiliari; impiantisti e termotecnici; fornitori di servizi agli edifici; presidi in quanto responsabili di edifici scolastici; personale dei servizi tecnici degli enti locali; gestori di mezzi di trasporto, stazioni, aeroporti; ecc.

6. Azioni previste a livello di ricerca

E' necessario promuovere un programma nazionale di ricerca a medio termine su queste aree prioritarie:

1. Valutazione dell'esposizione e del rischio per la popolazione (indagine sulle condizioni abitative e di vita, esposizione ambientale e personale agli inquinanti, distribuzione dell'esposizione, fattori determinanti, rapporto sorgenti/esposizione, biomarkers, tecniche di valutazione dell'esposizione e del rischio, ecc.).
2. Valutazione degli effetti sulla salute (epidemiologia, meccanismi d'azione, tecniche diagnostiche, allergie, asma, effetti respiratori, tumori, effetti tossici, effetti sensoriali, SBS, ecc.)
3. Metodi di misura e di studio delle sorgenti e degli inquinanti (standardizzazione delle tecniche di misura, misura emissioni, sorgenti complesse, caratterizzazione POM, allergeni, agenti biologici, ecc.).
4. Tecniche per il miglioramento della qualità dell'aria interna e per la riduzione del rischio per la salute (tecniche di controllo delle sorgenti, filtrazione dell'aria, sistemi di ventilazione, sensori e demand-ventilation, ecc.).
5. Strumenti e metodi per la formazione professionale, l'informazione della popolazione e l'educazione sanitaria.

6.3 - Conclusioni

Al termine di questa Relazione della Commissione tecnico-scientifica per la prevenzione dell'inquinamento indoor, si ritiene quanto mai attuale riportare integralmente la frase conclusiva del "Erice Statement on Indoor Air Quality for a Sustainable Indoor Environment" del "Pilot Study on IAQ" della NATO (4):

"Gli sforzi fino ad ora compiuti mostrano come il raggiungimento di un ambiente indoor sostenibile rappresenti allo stato attuale una sfida per le organizzazioni internazionali e per i governi. Occorre che ciascuna comunità nazionale contribuisca alla risoluzione di questa sfida nei limiti delle proprie conoscenze e nel contempo sia disponibile a far tesoro dell'esperienza altrui. Per queste ragioni è sempre più necessario promuovere la cooperazione internazionale nel campo della IAQ".

6.4 - Riferimenti bibliografici

1. WHO (1990), Environment and health. The European Charter on Environment. Regional Publications, European Series No. 35.

2. WHO Regional Office for Europe (1994) “Second European conference on environment and health. Environmental Health Action Plan for Europe”, (Sixth draft).
3. WHO European Centre for Environment and Health (1995), “Concern for Europe’s Tomorrow. Health and the environment in the WHO European Region”, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart, 1-547.
4. NATO/CCMS – Pilot Study on Indoor Air Quality - “Erice Statement on Indoor Air Quality for a Sustainable Indoor Environment” – M. Maroni, R. Axelrad, Y.A. Tabunshikov – Published in co-operation with the Department of Occupational Medicine of the University of Milan

Appendice

Quadro normativo nazionale e comunitario sulla IAQ

In questo paragrafo dell'Appendice viene fornito un quadro della normativa attualmente emanata a livello comunitario e nazionale sui temi riguardanti:

- norme generali;
- ambienti di lavoro;
- scuole, ospedali, alberghi ed abitazioni;
- impianti tecnologici;
- prodotti da costruzione;
- amianto e similari;
- concentrazioni di inquinanti presenti negli ambienti;
- qualità dell'aria interna;
- malattie connesse con l'inquinamento.

NORME GENERALI

Legge 23.12.1978 n. 833

Istituzione Servizio Sanitario Nazionale (artt. 2 e 4)

G.U. s.o.n.360 del 28.12.1978

D.P.R. 23.7.1998

Approvazione del Piano Sanitario Nazionale per il triennio 1998/2000

G.U. del 10.12.1998, n.288.

AMBIENTI DI LAVORO

D.P.R. n.547 del 1955

Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro

D.P.R. n.303 del 19.3.1956

Norme generali per l'igiene del lavoro

D.P.R. 20.3.56 n.320

Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro in sotterraneo.

D.P.R.20.3.56 n.321

Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro nell'industria della cinematografia e della televisione.

D. L.vo 15/8/1991 n.277

Attuazione delle direttive 80/1107/CEE, 86/188/CEE e 88/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici, biologici durante il lavoro.

D.L.vo 19.9.1994 n.626	Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 9/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE, 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro G.U. 12.11.1994 n.141 s.g.
Direttiva 96/94 CEE della Commissione del 18.12.1996	che fissa un secondo elenco di valori limiti indicativi in applicazione della direttiva 80/1107/CEE del Consiglio sulla protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti dall'esposizione ad agenti fisici, chimici e biologici durante il lavoro. G.U. CE L.338/86 del 28.12.1996
D.L.vo 19.3.1996 n.242	Modifiche ed integrazioni al D.L.vo 19.9.1994, n.626 recante attuazione di direttive comunitarie riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro

SCUOLE, OSPEDALI, ALBERGHI ED ABITAZIONI

SCUOLE

Circolare Ministero dei Lavori Pubblici n.6795 del 6.3.1970	Criteri di valutazione delle grandezze atte a rappresentare le proprietà termiche, igrometriche, di ventilazione e di illuminazione negli edifici scolastici
D.M. 18.12.1975	Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli Indici minimi di funzionalità didattica, edilizia e urbanistica da osservare nell'esecuzione delle opere di edilizia scolastica. G.U. 2.2.1976 n.29

OSPEDALI

D.M. 20.7.1939	Approvazione delle istruzioni per le costruzioni ospedaliere. G.U. 11.8.1939 n.187
Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici del 22.9.74 e del 22.11.74 n.13011	Requisiti fisico-tecnici per le costruzioni edilizie ospedaliere. Proprietà tecniche, igrometriche, di ventilazione ed illuminazione.
D.M. 5.8.1977	Determinazione dei requisiti tecnici sulle case di cura private. G.U. 31.8.1977 n. 236
D.P.C.M. 27.6.1986 (Art. 14)	Atti di indirizzo e coordinamento delle attività amministrativa delle Regioni in materia dei requisiti delle case di cura private. G.U. 4.7.1986 n.153
D.P.R. 14.1.1997	Approvazione dell'Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni e alle provincie autonome di Trento e Bolzano in materia di requisiti strutturali, tecnologici ed organizzativi minimi per l'esercizio delle attività sanitarie da parte delle strutture pubbliche e private. G.U. del 20.2.1997 n. 42 serie generale
Circolare n.5 del 14.3.1989 del Ministero della Sanità	Esposizione professionale ad anestetici in sala operatoria.

ALBERGHI

R.D. 24.5.1925 n.1102	Approvazione del regolamento per miglione igieniche negli alberghi. G.U. 9.7.1925 n.157
R.D. 27.7.1934 n.1265	T.U delle LL.SS. Titolo III^, capo V^ “Degli alberghi” G.U. 9.8.1934 n.186 s.o.
D.P.R. 30.12.1970 n.1437	Modificazioni per miglione igieniche per gli alberghi. G.U. 22.4.1971 n. 100

ABITAZIONI

Istruzioni Ministeriali 20.giugno1896	Compilazione regolamenti locali sull'igiene del suolo e dell'abitato
Regio Decreto del 27 luglio 1934, n.1265 Legge 9.8.1954 n.640	Testo Unico Leggi Sanitarie Provvedimenti per l'eliminazione delle abitazioni malsane. G.U. 16.8.1954 n.186 <i>Nota:</i> è stata modificata dalla legge 29.8.1957 n.966 "Modificazione delle leggi 9.8.1954, n.604 e 10.11.1954, n.1087 " G.U. 28.10.1957 n.227 ed integrata dalla legge 23.3.1958 n.315: "Norme integrative della legge 9.8.1954 n.64 recante provvedimenti per l'eliminazione delle abitazioni malsane. G.U 15.4.1958 n.91
Legge 27.5.1975 n.166	Norme per interventi straordinari di emergenza per l'attività edilizia. G.U. del 7.6.1975 n.148 <i>Nota:</i> l'art. 18 stabilisce le norme igienico-sanitarie per l'installazione dei servizi igienici negli ambienti non direttamente aereati e illuminati dall'esterno.
D.M. 5.7.1975	Modificazioni alle istruzioni ministeriali 20.6.1986 relativamente alla altezza minima ed ai requisiti igienico-sanitari principali dei locali di abitazione. G.U. 18.7.1975, n.190
D.P.R. 22.4.1994 n.425	Regolamento recante norme di disciplina dei procedimenti di autorizzazione all'abitabilità, di collaudo statico,e di iscrizione al Catasto. G.U. 1° .7.1994 n.152. <i>Nota:</i> con tale decreto viene abrogato il 1° comma dell'art. 221 del R.D. 1265 del 27.7.1934 che dava facoltà all'Ufficiale sanitario o ad un ingegnere a ciò delegato ad ispezionare edifici o parte di essi al fine di controllare che la costruzione era stata eseguita in conformità del progetto approvato e che non sussistessero cause di insalubrità.
Circolare Ministero Sanità	Bonifica immobili e manufatti che risultino pericolosi per l'igiene e l'incolumità pubblica G.U. 8.2.1994 n.31
D.M. 9.6.1999	Modificazioni in materia dell'altezza minima e dei requisiti igienico sanitari principali dei locali di abitazione. G.U. 26.06.1999 n.148.
Deliberazione della Giunta Regionale Emilia Romagna n.593 del 28.2.1995	Schema di Regolamento edilizio tipo approvato dalla Regione Emilia Romagna Boll. Uff. Emilia Romagna n.83 del 8.5.1995

IMPIANTI TECNOLOGICI

Legge 30 aprile 1976, n.373	Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici
D.M.18.5.1976	Disposizione in ordine agli impianti di condizionamento o ventilazione di cui alla legge 11.11.1975 n.584 concernente il divieto di fumare in determinati locali, sui mezzi pubblici di trasporto. G.U. 20.5.1976 n.133
Legge 18.11.1983 n.645	Disposizione per l'esercizio degli impianti di riscaldamento. G.U. 19.11.1983 n.318

Commissione tecnico-scientifica per l'elaborazione di proposte di intervento in materia di inquinamento "indoor" 184

D.M. 30.7.1986	Aggiornamento dei coefficienti di dispersione termica degli edifici. G.U. 20.10.1986 n.24
Legge 5.3.1990 n.46	Norme per la sicurezza degli impianti elettrici, idrosanitari e di riscaldamento. G.U. 12.3.1990 n.59
Legge 9.1.1991 n.10	Norme per l'attuazione del Piano energetico Nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia G.U. 16.1.1991 n.13 suppl. ordin.
D.P.R.6.12.1991 n.447	Regolamento di attuazione della legge 5.3.1990, n.46, in materia di sicurezza degli impianti.
D.P.R. 26.8.1993, n.412	Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art.4, comma 4, della legge 9.1.1991, n.10. G.U. s.o. 242 del 14.10.1993
D.P.R. 18.4.1994 n.392	Regolamento recante disciplina del procedimento di riconoscimento delle imprese ai fini della installazione, ampliamento e trasformazione degli impianti nel rispetto delle norme di sicurezza.
Circolare n.8/SAN della Regione Lombardia del 1995	Atto di indirizzo e coordinamento concernente la ventilazione e l'aerazione, la installazione e la gestione degli impianti di climatizzazione ambientale e degli apparecchi di combustione, l'allontanamento dei prodotti della combustione nelle abitazioni di nuova costruzione.
D.P.R. 13.5.1998 n.218	Regolamento recante disposizioni in materia di sicurezza degli impianti alimentati a gas combustibile per uso domestico. G.U. 9.7.1998 n.158 s.g.

PRODOTTI DA COSTRUZIONE

D.P.R. 21.4.1993 n.246	Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione. G.U. n.170 del 22.7.1993
Decreto 2.8.1995 n.413	Regolamento recante norme per il funzionamento del Comitato per l'Ecolabel e l'Ecoaudit
Legge 6.2.1996 n. 52	Disposizione per l'adempimento degli obblighi derivanti dalla appartenenza dell'Italia alla Comunità europea. Legge comunitaria 1994 (art. 46 di attuazione della direttiva 94/106/CEE relativa alla procedura di informazione nel settore delle norme e delle regolamentazioni tecniche) G.U. n.24 del 19.2.1996 serie generale
D.P.R. 10.12.1997 n.499	Regolamento recante norme di attuazione della direttiva 93/68/CEE, per la parte che modifica la direttiva 89/106/CEE in materia di prodotti da costruzione. G.U. 27.1.1998 n.21 serie generale
Relazione della Commissione	sulla direttiva prodotti da costruzione COM(96) 202 def. Bruxelles, 15.5.1996
Direttiva del Consiglio del 21.12.1988	relativa al ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli stati membri concernenti i materiali da costruzione. (89/106/CEE) G.U. CE L. 40/12 dell'11.2.1989

Decisione della Commissione del 17.1.1994	relativa alle regole procedurali comuni per il benessere tecnici europei (94/23/CEE) G.U. CE L. 17/34 del 20.1.1994
Comunicazione della Commissione	concernente i documenti interpretativi della direttiva 89/106/CEE del Consiglio (94/C 62/01) G.U. CE n. C62/1 del 28.2.1994
Risoluzione del Parlamento Europeo dell'11.2.1994	sull'impiego di tecnologie costruttive bioclimatiche negli edifici per abitazione e servizi. G.U. CEE nC61 del 28.2.1994
Comunicazione della Commissione	nel quadro dell'attuazione della direttiva 89/106/CEE del Consiglio relativa ai prodotti da costruzione, modificata con direttiva 93/68/CEE del Consiglio (94/C 206/04) pubblicazione per informazione degli organismi autorizzati a rilasciare il benessere tecnico europeo. G.U. CE 26/7/94 n.C/5
Decisione della Commissione del 9.9.1994	che attua l'art. 20 della direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione (94/611/CEE) G.U. CE L. 241/225 del 16.9.1994
Decisione della Commissione 31.5.1995	recante disposizioni applicative dell'art.20 paragrafo 2 della direttiva 89/106/CEE del Consiglio sui prodotti da costruzione (95/204/CE)
Decisione della Commissione del 24.10.1995	recante applicazione dell'art. 20 paragrafo 2 della Direttiva 89/106/CEE del Consiglio sui prodotti da costruzione. (95/467/CE) G.U. CE L. 268/29 del 10.11.1995

AMIANTO E SIMILARI

O.M. 26.6.1986	Restrizione all'immissione nel mercato e all'uso della crocitolide e dei prodotti che la contengono.
Circolare 1°7.1986, n.42 del Ministero della Sanità	Indicazioni esplicative per l'applicazione dell'ordinanza ministeriale 6.6.1986, relativa alle restrizioni all'immissione sul mercato e all'uso della crocitolide e dei prodotti che la contengono. G.U. del 6.9.1986 n.157 G.U. 9.9.1986, n.157
Circolare n.45 del 10.7.1986 del Ministero della Sanità	Piano di intervento e misure tecniche per la individuazione ed eliminazione del rischio connesso all'impiego di materiali contenenti amianto in edifici scolastici ed ospedalieri pubblici e privati. G.U. 23.7.1986 n.169
D.M. 16.10.1986	Integrazione delle norme del D.P.R. 9.4.1956 n.218 in materia di controllo di aria ambiente nelle attività estrattive dell'amianto. G.U. del 29.11.1986, n.278.
D.P.C.M. 21.7.1989	Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni ai sensi dell'art.9, della legge 8.7.1986, n.349, per l'attuazione e l'interpretazione del D.P.R. 24.5.1988, n.203 recante norme in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti e inquinamento prodotto da impianti industriali. G.U. 24.7.1989 n.171
Circolare del Ministero della Sanità 25.11.1991 n.23	Usi delle fibre di vetro isolanti. Problematiche igienico-sanitarie. Istruzioni per il corretto impiego.
Legge 27.3.1992 n.257	Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto. G.U. del 13.4.1992 n.87 s.o.

D.P.R. 8.8.1994	Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni e alle provincie autonome di Trento e Bolzano, per l'adozione di piani di protezione di contaminazione, di smaltimento e bonifica dell'ambiente, ai fini della difesa dei pericolo derivanti dall'amianto. G.U. 26.10.1994 n.251.
D.M. 6.9.1994	Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art.6, comma3, e dell'art. 12 comma 2 della legge 27.3.1992, 257 relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto G.U. 10.12.1994 s.o.
D.L. 17.3.1995, n.114	Attuazione della direttiva 87/217/CEE in materia di prevenzione e riduzione dell'inquinamento dall'ambiente causato dall'amianto. G.U. del 20.4.1995 n.92
D.M. 6.10.1995	Normative e metodologie tecniche per la valutazione del rischio, il controllo, la manutenzione e la bonifica dei materiali contenenti amianto presenti nei mezzi rotabili. G.U. 18.4.1996, n.91
D.M. 14.5.1996	Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lettera f, della legge 27.3.1992, n.257, recante:"Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto". G.U. 25.10.1996 n.251 s.o.
Direttiva CEE 83/478 del 10.9.1983	recante V modifica (amianto) della direttiva 76/769/CEE per il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli stati membri, relative alla restrizione in materia di immissione sul mercato e sull'uso di talune sostanze e preparati pericolosi. G.U. CE L. n.263/33 del 24.9.1983
Direttiva 85/610/CEE del 20.12.1985	recante la VII ^a modifica (amianto) della direttiva 76/769/CEE per il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli stati membri relative alla restrizione in materia sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi. G.U. CE L. n.375/1 del 31.12.1985
Direttiva 80/1107/CEE del 27.11.1980	sulla protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti dalla esposizione agli agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro. G.U. CE L. n.327/8 del 3.12.1980
Direttiva 83/477/CEE del 19.9.1983	sulla protezione dei lavoratori contro i rischi connessi con l'esposizione all'amianto durante il lavoro (seconda direttiva particolare ai sensi della direttiva 80/1107/CEE) G.U. CE L. n.623/25 del 24.9.1983
Direttiva 91/382/CEE del 25.6.1991	Modifica della direttiva 83/477/CEE sulla protezione dei lavoratori contro i rischi connessi all'esposizione all'amianto durante il lavoro. G.U. CE L. n. 206 del 29.7.1991
Direttiva 87/217/CEE del 19.3.1987	concernente la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento dell'ambiente causato dall'amianto. G.U. CE L. n.85/40 del 28.3.1987

SOSTANZE E PREPARATI PERICOLOSICIMICHE PERICOLOSE

Circolare n. 56 del 22.6.1983 del Ministero della Sanità	Impiego del gas tossico ossido di etilene per processi di sterilizzazione eseguiti in ospedali e altre strutture sanitarie su materiale destinato ad essere impiegato in campo umano.
Circolare n. 57 del 22.6.1983 del Ministero della Sanità	Usi della formaldeide-rischi connessi alle possibili modalità di impiego.
D.L.vo 3.2.1997 n.52	Attuazione della direttiva 92/32/CEE concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose. G.U. n.58 dell'11.3.1997 s.o.
D.L.vo 16.7.1998 n.285	Attuazione di direttive comunitarie in materia di classificazione, imballaggio ed etichettatura dei preparati pericolosi, a norma dell'art. 38 della legge 24.4.1998 n.128. G.U. n. 191 del 18.8.1998 serie generale
D.M. 12.8.1998	Recepimento delle Direttive 94/60 /CEE, 96/55/CEE, 97/10/CEE, 97/16/CEE, 97/56/CEE e 97/64/CEE, recanti modifiche alla Direttiva 76/769/CEE del Consiglio del 27 luglio 1976 concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari, ed amministrative degli Stati Membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi G.U. n.14 del 18.1.1999

BIOCIDI

Direttiva CEE 98/8	Relativa all'immissione sul mercato dei biocidi G.U. CEE. L.n.107 del 16.02.1998
--------------------	---

DIVIETO DI FUMO

Legge 11.11.1975, n.584	Divieto di fumare in determinati locali e su mezzi di trasporto pubblico. G.U. 5.12.1975, n.322
D.P.R. 11.7.1980 n.753	Nuove norme in materia di polizia, sicurezza e regolarità dell'esercizio delle Ferrovie e di altri servizi di trasporto G.U. 15.11.1980, n.314
D.M. 18.5.1976	Disposizioni in ordine agli impianti di condizionamento o ventilazione di cui alla legge 11.11.1975, n.584 concernente il divieto di fumare in determinati locali, sui mezzi di trasporto pubblico G. U. 20.5.1976 n.133
Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 14.12.1995	Divieto di fumo in determinati locali della pubblica Amministrazione o dei gestori di servizi pubblici. G.U. 15.1.1996 n.11 serie generale
Risoluzione del Consiglio e dei Ministri della sanità degli Stati membri	riuniti in sede di Consiglio del 18.7.1989 relativa al divieto di fumare nei luoghi accessibili al pubblico (89/C/189/01) C189/1 del 26.7.1989

RADON

Raccomandazione della Commissione 90/143/EURATOM del 21.2.1990	tutela della popolazione contro l'esposizione al radon in ambienti chiusi. G.U. CE 27-3-90 L. n.80/26
Circolare Regione Lombardia n. 103/SAN/91	Rischio radon. Interventi di sorveglianza negli ambienti di vita e negli ambienti di lavoro
D.L. 17.3.1995 n.230	Attuazione delle direttive EURATOM 80/836, 84/467, 84/466, 89/618, 90/641, e 92/3 in materia di radiazioni ionizzanti. G.U. 13.6.1985, n.74 serie generale.
Direttiva 96/29 EURATOM del Consiglio del 13.5.1996	che stabilisce le norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i pericoli derivanti dalle radiazioni ionizzanti. G.U. CE L. n.159/1 del 29.6.1996
Comunicazione della Commissione riguardante l'applicazione della Direttiva 96/29/EURATOM del Consiglio del 13.5.1996	che stabilisce le norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i pericoli derivanti dalle radiazioni ionizzanti. Bruxelles 23.2.1998

AVVELENAMENTO DA OSSIDO DI CARBONIO

Comunicazione della Commissione e proposta di decisione del Parlamento europeo e del Consiglio	che adotta un programma di azione comunitaria 1999/2003 sulla prevenzione delle lesioni personali, nel contesto del quadro di azione nel settore della sanità pubblica. COM(97)178defn.COD 97/0132 – Bruxelles 21.5.1997 <i>Nota:</i> esposizione ambientale ai rischi di avvelenamento, incidenti domestici: avvelenamento da ossido di carbonio
--	---

BENZENE

Decreto del 10.12.1996 n.707 del Ministero della Sanità
Regolamento concernente l'impiego del benzene e suoi omologhi nelle attività lavorative.
G.U. n.97 del 28.4.1997

COMPOSTI ORGANICI VOLATILI

Direttiva 99/CE
sulla limitazione delle emissioni di composti organici volatili dovute all'uso di solventi organici in talune attività ed in taluni impianti 5/24/99 del 18 febbraio 1999

QUALITA' DELL'ARIA INTERNA

Risoluzione
sulla qualità dell'aria negli ambienti chiusi doc. A2-156/88
G.U. CE C290/49 del 14.1 1988

MALATTIE CONNESSE CON L'INQUINAMENTO

Comunicazione della Commissione
relativa ad un programma di azione comunitaria sulle malattie connesse con l'inquinamento nel contesto del quadro di azione nel settore della sanità pubblica.
COM (97) 266 defin.97/0153 COD – Bruxelles 10.6.1997

Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento europeo, al Comitato economico e sociale e al Comitato delle regioni
sullo sviluppo della politica della sanità pubblica nella Comunità europea
COM (98)230 defin.Bruxelles, 21.4.1998 (27.04)

Proposta di modifica di decisione del Parlamento europeo e del Consiglio
che adotta un programma di azione comunitaria 1999-2003 sulle malattie connesse con l'inquinamento nel contesto del quadro di azione nel settore della sanità pubblica (presentata dalla Commissione in applicazione dell'art. 189A, paragrafo 2 del Trattato CE)
COM/(98)231 defin.COD 97/0153 – Bruxelles 21.4.1998

Posizione comune del Consiglio e del Parlamento europeo del 30.4.1998
in vista dell'adozione della decisione n. /98/CEE del Parlamento europeo e del Consiglio che adotta un programma di azione comunitaria sulle malattie connesse con l'inquinamento nel contesto del quadro di azione nel settore della sanità pubblica (1999/ 2001)

Decisione comune del Parlamento europeo e del Consiglio
Sull'adozione di un programma di azione comunitario relativo alle malattie connesse all'inquinamento, nel quadro dell'azione nel settore della sanità pubblica (1999-2001)
PE-CONS 3603/99

Norme tecniche nazionali ed internazionali

Normativa vigente

UNI-EN 27726 - 1995	Ambienti termici - Strumenti e metodi per la misura delle grandezze fisiche
UNI-EN 28996 - 1996	Ergonomia - Determinazione della produzione di energia termica metabolica
ISO 9920 - 1995	Ergonomics of the thermal environment - Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble
UNI-EN-ISO 7730 - 1997	Ambienti termici moderati - Determinazione degli indici PMV e PPD e specifiche per le condizioni di benessere termico
UNI-EN 27243 - 1996	Ambienti caldi - Valutazione dello stress termico per l'uomo negli ambienti di lavoro, basata sull'indice WBGT (temperatura a bulbo umido e del globotermometro)
EN-12515 - 1998	Hot environments. Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rates.
ENV 11079 - 1998	Evaluation of cold environments - Determination of required clothing insulation, IREQ
UNI 7979-1979	Serramenti esterni (verticali) – Classificazione in base alla permeabilità all'aria, alla tenuta all'acqua ed alla resistenza al vento
UNI-EN42-1975	Metodi di prova delle finestre – Prove di permeabilità all'aria
UNI 10339- 1995	Impianti aeraulici al fine di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura
EN-TR xxx	Ventilation for buildings – Design criteria for indoor environment
ENV 12097-1997	Ventilation for buildings – Ductwork – Requirements for ductwork components to facilitate maintenance of ductwork systems
prENV 1752	Ventilation for buildings- Design criteria for the indoor environment
ASHRAE 62-89	Ventilation for acceptable Indoor Air Quality
ASHRAE 110-1995	Method of testing performance of laboratory fume hoods
ASHRAE 113- 1990	Method of testing for room air diffusion
ASHRAE 129-1997	Masuring air-change effectiveness

Normativa in preparazione

ISO/DIS 12894	Ergonomics of the thermal environment: medical supervision of individuals exposed to hot or cold environments.
ISO/DIS 13731	Ergonomics of the thermal environment: Vocabulary and symbols
CEN/prENV 1752	Ventilation for buildings - Design criteria for indoor environment
ISO/NP 13732	Ergonomics of thermal environment - Comfortable contact surface temperature. Part 1: Hot surfaces Part 2: Moderate surfaces (ISO/TR) Part 3: Cold surfaces
ISO/NP 14415	Ergonomics of thermal environment - Application of international

standards to the disabled, aged and the other handicapped persons.

ISO/NP 14505	Ergonomics of the thermal environment in vehicles.
ISO/NP 15265	Ergonomics of thermal environment - Risk of stress or discomfort
ISO/NP 15266	Ergonomics of thermal environment – Assessment of long term thermal comfort performance
CEN/WD 122054	Thermal characteristics of personal protective equipment (PPE).
ISO/NP 15742	Ergonomics of physical environment - Determination of the combined effect of the thermal environment, air pollution, acoustics and illuminations on humans
ISO/NP 15743	Ergonomics of thermal environment - Working practices for cold indoor environments