

R. Bellucci Sessa<sup>1</sup>, G. Riccio<sup>2</sup>

## Sistemi di controllo della qualità dell'aria: gli impianti di condizionamento

<sup>1</sup> ITACA S.p.A.

<sup>2</sup> Dipartimento di Energetica Termofluidodinamica applicata e Condizionamenti ambientali (D.E.TE.C.), Università degli Studi di Napoli Federico II

**RIASSUNTO.** In questo lavoro, dopo alcuni cenni sui principali schemi di impianto utilizzati, viene presentata la situazione della normativa italiana che disciplina la progettazione e l'installazione degli impianti di condizionamento in specifico rapporto alle problematiche dell'Indoor Air Quality (IAQ), con riferimento sia alle norme cogenti che a quelle volontarie. Si passa quindi ad esaminare la problematica relativa alla manutenzione ed ai requisiti igienistici degli impianti di ventilazione, in mancanza dei quali gli impianti di condizionamento possono costituire essi stessi fattori di rischio per i soggetti che occupano l'ambiente. Infine, si affrontano le metodiche e le strategie di progettazione che mirano non solo a garantire la salubrità ed il comfort dell'ambiente, ma anche a consentire interventi rapidi ed efficaci di sanificazione e bonifica degli impianti.

**Parole chiave:** qualità dell'aria indoor, impianti di condizionamento.

**ABSTRACT.** www.gimle.fsm.it

**AIR QUALITY CONTROL SYSTEMS: HEATING, VENTILATING, AND AIR CONDITIONING (HVAC).** After a brief illustration of the principal layout schemes of Heating, Ventilating, and Air Conditioning (HVAC), the first part of this paper summarizes the standards, both voluntary and compulsory, regulating HVAC facilities design and installation with regard to the question of Indoor Air Quality (IAQ). The paper then examines the problem of ventilation systems maintenance and the essential hygienistic requirements in whose absence HVAC facilities may become a risk factor for people working or living in the building. Lastly, the paper deals with HVAC design strategies and methods, which aim not only to satisfy comfort and air quality requirements, but also to ensure easy and effective maintenance procedures.

**Key words:** indoor air quality, HVAC.

### 1. Classificazione degli impianti di condizionamento

È noto che il raggiungimento del benessere microclimatico in un ambiente confinato è possibile solo realizzando ben precise condizioni termoisometriche, di ventilazione e purezza dell'aria e che tale funzione è demandata agli impianti di climatizzazione, anche detti impianti di trattamento aria, che controllano e regolano le variabili ambientali da cui tali condizioni dipendono. Una prima classificazione degli impianti di climatizzazione può essere fatta sulla base della loro funzione; si definisce (1):

- **impianto di ventilazione** un impianto capace di soddisfare soltanto le condizioni di ventilazione e purezza dell'aria;
- **impianto di riscaldamento** un impianto capace di soddisfare soltanto le condizioni termiche invernali;
- **impianto di termoventilazione (estivo e/o invernale)** un impianto capace di soddisfare (in estate e/o inverno) le condizioni termiche, di ventilazione e di purezza dell'aria;
- **impianto di condizionamento (estivo e/o invernale)** un impianto capace di soddisfare (in estate e/o in inverno) tutte le condizioni precedentemente elencate

Nel seguito si farà riferimento agli impianti di condizionamento proprio perché questi ultimi, tra tutti gli impianti di trattamento aria, sono quelli tecnicamente più completi. Gli impianti di condizionamento, a loro volta, possono essere classificati, in base alla centralizzazione dei vari servizi, in:

- **impianti totalmente centralizzati**, quelli nei quali le apparecchiature in grado di soddisfare le diverse esigenze in termini di controllo e regolazione delle variabili ambientali vengono accentrare in un unico ambiente detto, a seconda della importanza dell'impianto, *gruppo condizionatore o centrale di condizionamento*;
- **impianti parzialmente centralizzati** quelli nei quali alcune apparecchiature sono centralizzate mentre altre sono collocate nei singoli ambienti condizionati;
- **impianti a condizionatori locali autonomi** quelli nei quali tutte le apparecchiature sono contenute in appositi mobiletti disposti nei singoli ambienti.

Inoltre, in alcuni casi, parte dell'aria trattata e successivamente espulsa dall'ambiente, può essere filtrata e rimessa in ambiente; in questo caso si parla di impianto con ri-

circolo. Nelle Figure 1 e 2 sono schematizzate le principali tipologie di un impianto di condizionamento, rispettivamente senza ricircolo, anche detto a tutt'aria esterna, e con ricircolo.

La funzione di controllo esercitata da un impianto di condizionamento sulle condizioni di qualità dell'aria si espleta su due fronti: da una parte, controllando la portata di aria esterna e l'efficienza di filtrazione di quest'ultima, mantiene la concentrazione dei contaminanti noti (gas, vapori, microrganismi, fumo e altre sostanze particolate) entro valori tali da non causare condizioni di malessere per gli occupanti o, addirittura, arrecare danno alla salute delle persone che occupano l'ambiente; dall'altra, controllando i parametri termogrometrici, consente di evitare condizioni favorevoli allo sviluppo di muffe e microrganismi.

## 2. La normativa italiana sulla qualità dell'aria interna

Per quanto concerne gli ambienti residenziali, in Italia non si dispone ancora di una normativa specifica per il controllo della qualità dell'aria negli ambienti confinati; attualmente, infatti, le disposizioni riguardanti l'IAQ sono ancora inglobate nei regolamenti di igiene e sanità redatti dai singoli Comuni.

Al contrario, come ben noto, per gli ambienti di lavoro esiste un ben preciso riferimento legislativo dato dal D.Lgs. 626/94 e successive modificazioni, che, in ogni caso, fornisce solo indicazioni di tipo qualitativo; p.e. l'art. 9 prevede che *"Nei luoghi di lavoro al chiuso è necessario far sì che ...i lavoratori.... dispongano di aria salubre .... e l'eventuale impianto di aerazione deve essere mantenuto efficiente ..."*. Accanto a questo decreto, comunque, esiste

una serie di normative tecniche cogenti riferite ad alcuni ambienti specifici quali scuole, ospedali, locali di intrattenimento; va detto che queste normative, che regolamentano solo il numero di ricambi di aria esterna e le classi di filtrazione, sono spesso datate e non contemplano argomenti che solo negli ultimi anni sono stati oggetto di ricerca scientifica, come l'accertata sensibilità degli individui verso una serie di inquinanti tra i quali i composti organici volatili (VOC), gli allergeni e il radon.

Gli Enti di controllo italiani fanno generalmente riferimento alla norma UNI 10339 (2), norma volontaria, il cui scopo e campo di applicazione sono, tra l'altro, la definizione dei requisiti minimi degli impianti e dei valori assunti dalle grandezze di riferimento durante il funzionamento degli stessi. Questa norma dedica ampio spazio ai parametri di riferimento della qualità dell'aria, fornendo per un'ampia gamma di tipologie edilizie, ivi compresi gli edifici adibiti a residenza o assimilabili, sia le portate d'aria esterna sia la classe e l'efficienza di filtrazione. La UNI 10339 non propone alcun criterio di misura dell'IAQ, neanche attraverso parametri indiretti, quale la misura della concentrazione di CO<sub>2</sub>, e fa riferimento ad una classificazione dei filtri ormai superata. Per quanto riguarda il primo aspetto, è attualmente allo studio l'introduzione a livello normativo del concetto di "efficienza convenzionale di ventilazione", definita come "il rapporto tra la portata d'aria idealmente necessaria per ottenere il voluto livello di qualità dell'aria nell'ipotesi di perfetta miscelazione, e le portate occorrente nelle applicazioni reali dei sistemi di diffusione impiegati". Partendo dal presupposto che, a parità di portata, la concentrazione di inquinanti nella zona occupata è tanto più bassa quanto più elevata è l'efficienza di ventilazione, quest'ultima permette di valutare la portata di ricambio effettiva, te-

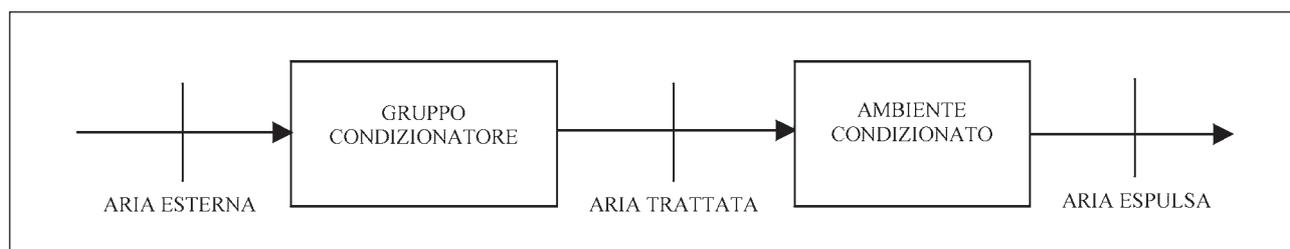


Figura 1. Schema a blocchi di un impianto di condizionamento centralizzato senza ricircolo

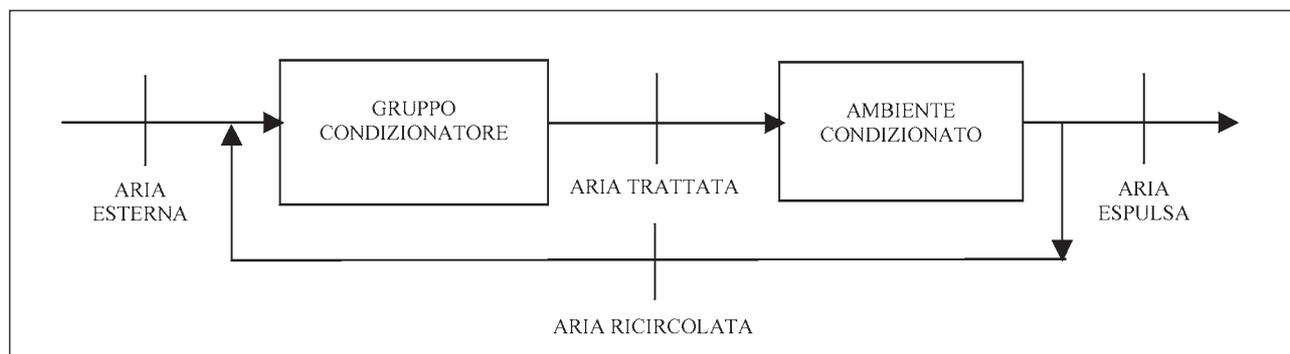


Figura 2. Schema a blocchi di un impianto di condizionamento centralizzato con ricircolo

nendo conto delle modalità di immissione ed estrazione dell'aria. Per la valutazione delle prestazioni dei sistemi di diffusione dell'aria a miscelazione, essa viene definita in termini di rapporto tra differenze di temperatura (anziché di concentrazioni, come solitamente avviene), ipotesi valida nell'ipotesi di sorgenti di inquinante uniformemente distribuite. Per quanto attiene, invece, la classificazione dei filtri proposta dalla UNI 10339 occorre semplicemente abbandonare le vecchie classificazioni, sostituendole con la nuova classificazione ormai in vigore da anni. In Tabella I (3) vengono confrontati i valori delle portate di ventilazione suggerite per quattro tipi di ambiente dalla UNI 10339 e dalle altre norme internazionali più accreditate: il Committee Report 1752 del CEN; la tedesca DIN 1946; l'americana ASHRAE 62; la scandinava NKB - 61; la britannica CIBSE - Guide A. Dall'esame dei valori riportati in tabella si evince l'assenza di accordo, tra le varie norme, nella prescrizione dei valori delle portate di ventilazione a parità di destinazione d'uso degli ambienti.

In definitiva, nonostante l'enorme quantità di lavoro svolto sul tema, allo stato attuale anche un'applicazione attenta delle norme legislative e di quelle volontarie non garantisce le condizioni per il controllo della qualità dell'aria né tantomeno la realizzazione di ambienti igienici e salubri.

In questa situazione, particolare rilievo assumono le "Linee Guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati", pubblicate sulla G.U. n.252 del 27/11/2001, che propongono di coordinare gli sforzi per realizzare un programma nazionale di tutela della salute in relazione alla qualità dell'aria interna, fornendo fra l'altro indicazioni per la corretta progettazione sulla base delle indicazioni e dei dati che risultano dalla letteratura nazionale ed internazionale. Le azioni proposte, sia a livello normativo che tecnico, sono caratterizzate da un approccio integrato per quanto attiene la prevenzione e l'informazione sui rischi che derivano dall'esposizione agli agenti inquinanti ed ai criteri di progettazione costruzione e gestione degli edifici. Le linee guida, propo-

nendosi come documento programmatico, non propongono valori o grandezze, ma auspicano definizioni di principi e standard che integrino e completino gli strumenti normativi esistenti.

Per concludere, si ritiene necessario accennare alla procedura che regola l'attività normativa. L'Unificazione Italiana (UNI) recepisce le norme CEN (*Comité Européen de Normalisation*), che vengono elaborate in sede di Comitati Tecnici (TC); in particolare, il TC che si occupa di impianti di condizionamento dell'aria, con particolare riferimento alla ventilazione, è il 156, "*Ventilation for Buildings*". I lavori dei CEN TC 156 vengono seguiti in Italia dall'UNI attraverso il Comitato Termotecnico Italiano (CTI), più in particolare attraverso il Sottocomitato 5, "Condizionamento dell'aria e refrigerazione".

### 3. La manutenzione degli impianti

È ormai anche scientificamente accertato che gli impianti di condizionamento, quando non correttamente mantenuti, diventano spesso fattore di rischio per la salubrità dell'ambiente; in tabella II è riportata una classificazione delle potenziali sorgenti di contaminazione e dei problemi di inquinamento che possono essere individuati negli impianti di condizionamento dell'aria:

Dal punto di vista normativo, significative in materia sono le disposizioni della ENV 12097, con particolare riferimento al progetto di norma 5/516 che riguarda specificamente la manutenzione. In questo documento viene precisato che la salvaguardia delle condizioni igieniche per i sistemi impiantistici che utilizzano l'acqua deve essere effettuata mediante regolari controlli e pulizie, inclusa la eventuale sterilizzazione dei componenti; per esempio, il conteggio totale dei batteri nell'acqua di umidificazione non deve superare 1000 CFU/ml. Nel caso delle canalizzazioni la contaminazione può essere riferita sia alla presenza di agenti patogeni ben individuati (ad esempio quelli classificati a maggior rischio nel 626/94), sia al superamento delle concentrazioni limite

**Tabella I. Portate pro capite e per unità di superficie di pavimento secondo varie normative. Da (3)**

	Uffici		Open Space		Sala conferenze		Aula	
	P.p.c. (l/s-persona)	Portata per m <sup>2</sup> (l/s-m <sup>2</sup> )	P. p.c. (l/s-persona)	Portata per m <sup>2</sup> (l/s-m <sup>2</sup> )	P. p.c. (l/s-persona)	Portata per m <sup>2</sup> (l/s-m <sup>2</sup> )	P. p.c. (l/s-persona)	Portata per m <sup>2</sup> (l/s-m <sup>2</sup> )
UNI 10339	11,0	0,0	11,0	0,0	5,5	0,0	7,0	0,0
CEN 1752-A	10,0	1,0*	10,0	1,0*	10,0	1,0*	10,0	1,0*
CEN 1752-B	7,0	0,7*	7,0	0,7*	7,0	0,7*	7,0	0,7*
CEN 1752-C	4,0	0,4	4,0	0,4	4,0	0,4	4,0	0,4
DIN 1946	11,0	1,1	16,6	1,7	5,6	2,7	8,3	4,2
ASHRAE 62-96	8,0	0,4	8,0	0,4	7,5	0,4	8,0	0,6
NKB . 61**	3,5	0,7	3,5	0,7	3,5	0,7	3,5	0,7
CIBSE-Guide A	8,0	0,0	8,0	0,0	8,0	0,0	8,0	0,0

P. p.c., Portata pro capite

\* Per edifici a basso inquinamento

\*\* La portata pro capite non può comunque essere inferiore a 7 l/s

della carica micotica e batterica. Per le condotte pulite, prive di rivestimento interno, il NADCA<sup>1</sup> fornisce ad esempio i seguenti valori limite:

- carica batterica < 30.000 CFU/g,
- carica micotica < 15.000 CFU/g.

Il limite ammissibile per il particolato depositato nei condotti dell'aria, privi di rivestimento interno, è di 1 g/m<sup>2</sup>, al di sopra di tale valore è necessario effettuare l'intervento di pulizia indipendentemente dalla contaminazione micotica e batterica.

La completa osservanza dei requisiti igienici ed una buona gestione delle condizioni di funzionamento e manutenzione richiedono personale qualificato, così come gli interventi operativi di manutenzione ma anche le ispezioni e le eventuali riparazioni devono essere effettuate da personale specializzato che abbia una completa ed appropriata formazione. Su tale linea si è espresso il Consiglio Regionale della Liguria che, primo in Italia, ha pubblicato sul Bollettino Ufficiale Regionale n. 11 del 24/07/2002, la legge regionale n. 24 del 2/07/2002

sui sistemi aerulici: "Disciplina per la costruzione, installazione, manutenzione e pulizia degli impianti aerulici", che prevede la formazione del personale dedicato alla manutenzione.

Dal punto di vista progettuale e gestionale le esperienze degli ultimi anni, relativamente ai problemi igienici, hanno evidenziato la necessità che i sistemi di condizionamento debbano innanzitutto essere costruiti in modo da consentire la pulizia di tutte le superfici interne ed esterne. Le sistematiche accreditate sono sintetizzabili in:

- creare spazi impiantistici facilmente e rapidamente accessibili
- realizzare un'opportuna sezionabilità degli impianti pertanto i concetti dominanti nella progettazione diventano:
- tutto a vista (o in vano tecnico accessibile)
- tutto smontabile e rimontabile
- tutto sezionabile

Gli obiettivi per migliorare il controllo dei fattori di rischio sono dunque:

- facilità di controllo microbiologico

**Tabella II. Potenziali fonti di contaminanti negli impianti di condizionamento dell'aria**

Sorgenti e problemi	Esempi tipici
<b>1. Contaminati emessi da sorgenti intrinseche agli impianti</b>	
1.1 Materiali fibrosi	Asbesto; danneggiamento e rilascio di fibre da isolanti interni
1.2 Prodotti di degradazione delle superfici metalliche	Deterioramento e erosione di materiali di trattamento superfici di rivestimento, di prodotti di corrosione e di metalli
1.3 Sigillanti, stucchi, adesivi	Sviluppo di gas ed emissione di VOC; deterioramento
1.4 Oli lubrificanti, ecc.	Ventilatori, motori
<b>2. Inquinanti e processi di contaminazione che possono svilupparsi in componenti impiantistici</b>	
2.1 Contaminazione biologica e crescita di microrganismi	Sviluppo di microrganismi; Emissione di aerosol con contaminanti biologici e di VOC in parti dell'impianto (e.g. batterie fredde, vasche condensa, scarichi, filtri, superfici interne e isolamento dei canali, plenum, umidificatori, torri)
2.2 Accumuli di VOC	Isolanti; Filtri; attenuatori acustici; accumuli di polvere
2.3 Altri depositi di mat. organici	Foglie; deiezioni di volatili, ecc.
2.4 Accumuli di polveri	Materiali di costruzione, recessi, ecc. nei quali si formano accumuli di polvere che possono dar luogo a contaminazione microbica, ad assorbimento - cessione di VOC, a riduzione di portata, ecc.
2.5 Inquinanti immessi nel vapore (prodotto in caldaia)	Anticorrosivi, biocidi, anticalcare, neutralizzanti per il controllo del pH
2.6 Impiego di prodotti di pulizia e biocidi	Biocidi, disinfettanti, deodoranti
<b>3. In adeguamento degli impianti in relazione al controllo di sorgenti estrinseche</b>	
3.1 Ventilazione e ricambi d'aria	Inadeguata immissione di aria esterna; inadeguata miscelazione e diluizione dei contaminanti
3.2 Controllo delle condizioni termoigrometriche	Umidità dell'aria ambiente troppo elevate o troppo basse
3.3 Trasporto di contaminati tra locali e zone dell'edificio	Migrazione d'odori, VOC e particolato
3.4 Prese di aria esterna	Posizionamento; aria esterna inquinata, reingressi di contaminanti scaricati dall'edificio
3.5 Pressurizzazione dell'edificio	Ingresso non controllato negli ambienti di aria esterna contaminata
3.6 Migrazione di contaminanti nei recuperatori di calore	Contaminazione incrociata; assorbimento - cessione di VOC

<sup>1</sup> NADCA (American National Duct Cleaning Association) è l'associazione americana, ma è anche l'unica associazione al mondo, che si occupa della pulizia delle condotte. È stata fondata alla fine degli anni '80. Ha molti soci fuori dal territorio americano.

- facilità di controllo fisico-chimico ambientale
- rapidità di intervento nella sanificazione e sterilizzazione.

Esse vedono come denominatore comune la facilità di gestione e manutenzione degli impianti. In Tabella III si riporta una tipica *chek-list* per gli interventi di manutenzione che maggiormente influiscono sulla condizione igienica dell'impianto. È consigliabile infine effettuare periodicamente un controllo della qualità dell'aria in termini di campionamenti superficiali e di conta dei microrganismi aerodispersi. In caso di presenza di CFU rilevante è necessario prendere in considerazione la possibilità di procedere ad una pulizia ed eventualmente ad una disinfezione dei canali.

#### 4. Metodiche e strategie di progettazione

Sostanzialmente, il problema impiantistico nell'ambito dell'IAQ è quello di determinare il valore delle portate di ventilazione rispetto ad un quadro normativo articolato e come si è visto non sempre coordinato.

I possibili approcci adottabili sono tre:

- Approccio prescrittivo: si stabilisce la portata volumica d'aria esterna in base alla categoria dell'edificio o alla specifica funzione del locale.
- Approccio prestazionale, relativo al controllo delle concentrazioni dei singoli inquinanti: si determinano le portate in modo da mantenere la concentrazione degli

**Tabella III. *Chek-list per gli interventi di manutenzione inerenti l'aspetto igienico dell'impianto***

	Attività	Periodicità
1	<b>Controllo della presa d'aria esterna (ad esempio: verifica dello stato di integrità e pulizia; collocazione della presa d'aria in funzione degli elementi al contorno; rispetto delle idonee condizioni ambientali, etc)</b>	
2	<b>Controllo visivo ed eventuale sostituzione dei pre - filtri (es: pulizia/sostituzione in base alle specifiche imposte dal costruttore)</b>	
3	<b>Verifica del sistema di recupero calore</b>	
4	<b>Controllo delle batterie e dei dispositivi di regolazione delle stesse (valvole a 3 vie) ed eventualmente attivazione gli interventi di pulizia</b>	
4.1	Pulizia, lato aria, delle batterie di pre-riscaldamento, raffreddamento e post-riscaldamento	Trimestrale
5	<b>Verifica dell'assenza di ristagno d'acqua ovvero della presenza di muffe e di alghe nella bacinella di raccolta condensa e controllo dell'efficienza e dell'integrità del sifone di scarico</b>	
5.1	Svuotamento dell'acqua, rimozione delle sostanze organiche e delle incrostazioni, pulizia e disinfezione con getti di vapore della vasca di raccolta della condensa	Mensile
6	<b>Verifica dell'impianto di umidificazione ed attuazione dei programmi di manutenzione e pulizia definiti dal costruttore</b>	
6.1	Pulizia degli ugelli spruzzatori della sezione umidificazione	Trimestrale
7	<b>Controllo e pulizia del separatore di gocce, qualora presente</b>	
7.1	Pulizia e disincrostazione del separatore di gocce	Trimestrale
8	<b>Verifica del motore del ventilatore: nel caso di motore direttamente accoppiato (elettroventilatore) effettuare una verifica visiva dello stato delle pale della girante; in caso di motore dotato di cinghia di trasmissione occorre verificare anche l'usura e il tiro della cinghia ed il corretto allineamento delle pulegge</b>	
8.1	Verifica della tensione ed usura delle cinghie del ventilatore ed eventuale sostituzione	Mensile
8.2.	Lubrificazione dei supporti dei ventilatori e dei supporti delle serrande aria esterna	Annuale
9	<b>Verifica ed eventuale sostituzione dei filtri ad alta efficienza</b>	
9.1	Pulizia e rigenerazione mediante lavaggio con detersivo neutro ed acqua corrente delle celle filtranti	Mensile
9.2	Verifica della capacità filtrante del materasso filtrante per particelle grossolane mediante misura della perdita di carico ed eventuale sostituzione	Settimanale
10	<b>Controllo del funzionamento dei termostati, dei pressostati differenziali e degli eventuali misuratori di portata installati</b>	
11	<b>Verifica delle condizioni dei filtri assoluti, ove presenti</b>	
11.1	Verifica della capacità filtrante del filtro assoluto mediante misura della perdita di carico e eventuale sostituzione	Mensile o segnalazione automatica
12	<b>Qualora siano presenti batterie di post riscaldamento nei canali occorre verificarne visivamente le condizioni</b>	
13	<b>Controllo della pulizia delle bocchette di ripresa e di mandata.</b>	
13.1	Ispezione delle canalizzazioni con sistema a videocamere ed eventuale pulizia con vapore o getto di polvere di bicarbonato e disinfezione con disinfettante in soluzione acquosa	Triennale

inquinanti entro una soglia minima. È chiaro che l'applicazione di questa procedura risulta possibile solo se sono identificati gli inquinanti e se risultano misurabili i tassi di concentrazione.

- Approccio prestazionale basato sul controllo della percezione olfattiva della qualità dell'aria: tale metodo si basa sulla definizione di indici di valutazione soggettiva della qualità dell'aria, sulla stima del carico inquinante sensoriale e sulla determinazione di una portata di aria sufficiente a contenere la percentuale di persone insoddisfatte dalla percezione della qualità dell'aria al di sotto di una desiderata soglia.

La migliore strategia per il controllo della contaminazione negli ambienti interni resta sempre quella basata sul controllo delle sorgenti, ovvero l'eliminazione o la riduzione delle sorgenti di emissione delle sostanze che hanno effetti potenzialmente avversi nei confronti del benessere e della salute delle persone. Inoltre, essendo dimostrato che i diversi contaminati biologici danno origine a problemi anche significativi per la salute, ai fini sanitari è sicuramente raccomandabile l'adozione di un'efficace filtrazione dei particolati che possono veicolare tali tipi di contaminanti. In figura 3 è rappresentato uno schema a blocchi di impianto che sfrutta il controllo delle sorgenti.

La rimozione del contaminante può avvenire sull'aria di immissione, sull'aria di ricircolo oppure in ambiente; in ciascuno di questi casi il funzionamento del sistema di abbattimento può essere rappresentato mediante una relazione del tipo:

$$E = V \epsilon C \quad [1]$$

dove:

$E$  = tasso di rimozione del contaminante, mg/s;

$V$  = portata di aria che attraversa l'apparato di abbattimento, m<sup>3</sup>/s;

$\epsilon$  = efficienza di abbattimento del contaminante, adim.;  
 $C$  = concentrazione del contaminante, mg/m<sup>3</sup>.

L'equazione [1] evidenzia come il fattore di rimozione del contaminante da parte di un sistema di abbattimento dipende dal prodotto tra portata che attraversa l'apparato e l'efficienza di filtrazione (abbattimento) del mezzo utilizzato, ovviamente lasciando al progettista l'opportunità di scegliere la migliore tra le combinazioni possibili tra le due variabili di progetto; al progettista, infatti, è demandato il compito di affrontare caso per caso la valutazione della portata di diluizione e l'adozione di efficaci apparati di abbattimento dei contaminati, nonché la considerazione di quali siano le scelte più opportune in termini di posizionamento di tali apparati nel circuito aerale e/o in ambiente.

Dal punto di vista della filtrazione, la norma UNI 10339 prescrive l'adozione di una filtrazione minima convenzionale sia sull'aria esterna che sull'aria di ricircolo (quando presente) per i diversi tipi di locali serviti da impianti aerale a fini di benessere delle persone. Peraltro non concede alcuna possibilità di variare le portate di ventilazione in accordo con le scelte effettuate per la filtrazione.

## 5. Conclusioni

Il complesso di norme e regolamenti attualmente esistente, che riguarda la qualità dell'aria negli ambienti confinati, si presenta frammentario, in quanto coesistono campi d'applicazione non regolamentati e campi per i quali vigono norme specifiche, e, per alcuni aspetti, incongruenti in quanto, per pari applicazioni, le norme più accreditate forniscono prescrizioni diverse. Inoltre, alcune delle norme in vigore necessitano di revisione per consentire l'in-

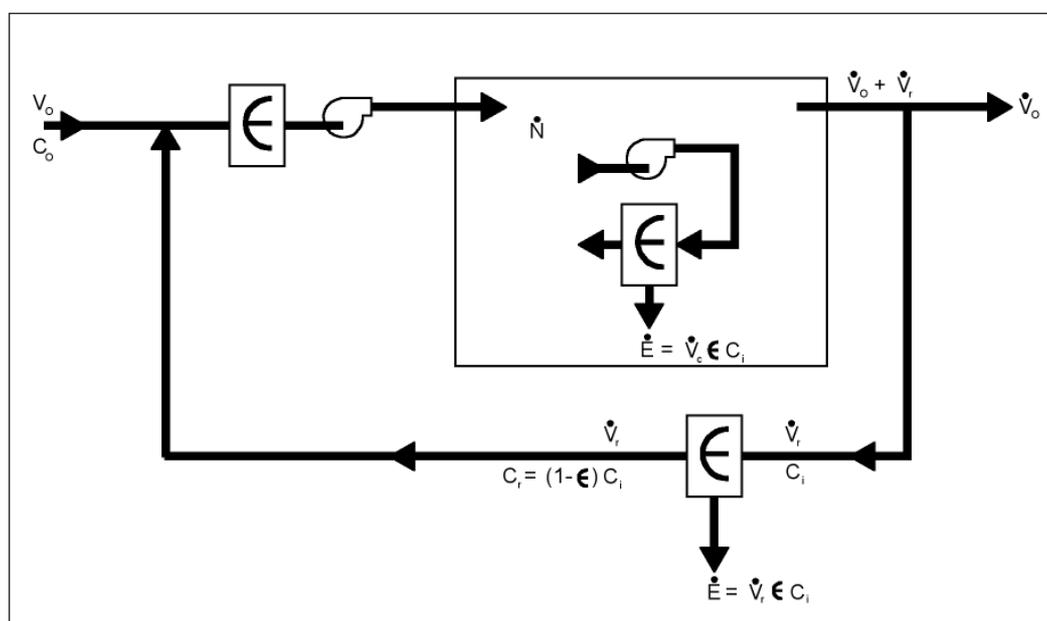


Figura 3. Schema a blocchi di un impianto che attua il controllo delle sorgenti.  $C_i$ : concentrazione del contaminante nell'aria interna,  $C_o$ : concentrazione del contaminante nell'aria esterna,  $N$ : tasso di generazione del contaminante,  $E$ : tasso di rimozione del contaminante,  $V_o$ : portata di aria di diluizione. Da (5)

troduzione dei risultati ottenuti, nel campo dell'IAQ, dalla ricerca scientifica. Dalla attuale condizione discende che, anche applicando rigorosamente le norme esistenti, non è garantita la realizzazione di ambienti sicuramente salubri e accettabili dal punto di vista igienico.

Stante l'inconsistenza del panorama normativo nel campo del controllo della qualità dell'aria interna, l'ottenimento di uno standard elevato richiede l'intervento di tecnici esperti del problema. Nella fase di progettazione solo una profonda conoscenza delle problematiche esistenti consente di porre in essere, qualunque sia il problema specifico affrontato, tutti gli accorgimenti necessari a minimizzare il rischio che l'impianto di condizionamento diventi causa di contaminazione. La corretta progettazione dell'impianto, inoltre, influenza notevolmente la gestione dello stesso in quanto semplifica le operazioni di controllo e gli interventi di manutenzione da effettuare durante l'esercizio. Per un impianto ben realizzato, le operazioni di verifica dello stato igienico possono essere effettuate se-

condo un protocollo, del tipo riportato in tabella III, il cui impiego non richiede personale altamente specializzato, ma semplicemente istruito sulle operazioni da effettuare.

---

### **Bibliografia**

- 1) Alfano G., Betta V. Fisica Tecnica. 1984. Napoli: Liguori Editore.
- 2) UNI. Impianti aeraulici ai fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura. Norma UNI 10399. Milano: Unificazione Italiana. 1995.
- 3) De Santoli L., Fracastoro G.V. La normativa per la qualità dell'aria interna. Atti Convegno AICARR "Sistemi e impianti di controllo della qualità dell'aria e dell'umidità". 2003. Napoli.
- 4) UNI ENV 12097 Ventilazione negli edifici - Rete delle condotte - Requisiti relativi ai componenti atti a facilitare la manutenzione delle reti delle condotte. Milano: Unificazione Italiana. 1999.
- 5) Joppolo CM. Sistemi e componenti impiantistici: cause e rimedi dell'inquinamento interno. Atti 38° Convegno Annuale AICARR "L'inquinamento ambientale e gli impianti di climatizzazione e riscaldamento". 1997. Roma.