



LUIGI BONTEMPI

LA QUALITÀ DELL'ARIA INTERNA

Problematiche e soluzioni





© 2023 SABIANA SpA
Corbetta (MI) Italia

T. +39 02 97203 1 r.a. • F. +39 02 9777282
iaq@sabiana.it
www.sabiana.it

Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte del libro può essere riprodotta o diffusa con qualsiasi mezzo: file, fotocopie, microfilm o altro, senza il permesso scritto dell'autore.

All rights reserved. No part of this book can be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted by any means, electronic, mechanical, photocopied, recorded or otherwise without written permission of the author.

Immagine in copertina: iStockphoto by Getty Image

Stampa: Pressgrafica srl - Olgiate Olona
Printed in Italy

I problemi legati alla salute derivante dalla qualità dell'aria che respiriamo saranno una delle grandi sfide che ci attendono nel prossimo futuro. La pandemia da Covid-19 di questi ultimi mesi ci sta rendendo coscienti e consapevoli che respirare determinate sostanze porta a malattie gravi in tempi brevi, con costi sanitari e sociali enormi. Questo libro vuole essere un modesto compendio del mondo legato alla pulizia dell'aria ambiente, sia esterna che interna agli ambienti di vita. Vuole far capire, spero in modo chiaro e comprensibile, gli aspetti più rilevanti da considerare e da tener presenti in questo ambito.

Si rivolge non solo ai professionisti della climatizzazione in generale, ma anche a chi ha la responsabilità civile e penale di tutelare e garantire la salute degli occupanti gli edifici. Si rivolge anche agli stessi organi di controllo e verifica, che devono certificare che le soluzioni tecniche adottate siano in grado di assolvere all'importante compito di garantire in ambiente concentrazioni di inquinanti aerodispersi in linea con le direttive comunitarie emanate in recepimento dei limiti consigliati dall'OMS. Se i problemi legati all'inquinamento dell'aria interna sono ormai dibattuti quotidianamente ed iniziano perciò ad essere conosciuti non solo dagli addetti ai lavori, ma anche dal grande pubblico, altrettanto invece non avviene in merito alle possibili tecniche d'intervento e alle migliori e fattibili soluzioni da adottare.

La sola ed unica soluzione per migliorare la qualità dell'aria interna, senza un efficace intervento di tipo impiantistico e l'utilizzo di sistemi filtranti efficienti, è quella di non produrre e disperdere in aria ambiente nessuna sostanza inquinante.

Sembra una banalità ma non è così scontato.

Complesse e articolate sono le metodologie e le strategie d'intervento atte al miglioramento della qualità dell'aria interna, vale a dire l'aria negli ambienti confinati di vita, di lavoro e quella presente nei mezzi di trasporto (IAQ - Indoor Air Quality).

La principale e più semplice metodologia d'intervento che viene consigliata ed utilizzata è quella di ventilare l'ambiente interno con aria esterna.

Attuando così il principio secondo il quale più è inquinato l'ambiente interno, o più pulito lo si voglia, maggiore deve essere la quantità d'aria esterna che bisogna utilizzare.

Infatti, nel tempo presente, vige ancora l'assioma che, essendo l'aria esterna la panacea di tutti i mali prodotti dalla cattiva qualità dell'aria indoor, più "medicina" si usa meglio è.

In verità, sembra assai più chiaro e molto più realistico affermare che, dato lo stato di qualità dell'aria che esiste nei siti urbani odierni, tale assioma sia del tutto anacronistico e decisamente fuorviante.

La cattiva qualità dell'aria esterna urbana non potrà mai da sola portare a un miglioramento dello I.A.Q. e quindi portare ad una diminuzione delle patologie legate alla presenza di inquinanti aerodispersi per le persone presenti negli ambienti confinati.

LUIGI BONTEMPI

LA QUALITÀ DELL'ARIA INTERNA

Problematiche e soluzioni



1	Premessa	11
	La qualità dell'aria	11
2	The Right to Healthy Indoor Air	12
3	Qualità dell'aria	14
3.1	L'aria - Descrizione dei contaminanti	14
3.2	Forma solida:	14
3.3	Vapori:	14
3.4	Fumi:	14
3.5	Aerosol biologico:	15
3.6	Smog:	15
3.7	Gas:	15
3.7.1	Ossido di carbonio	15
3.7.2	Formaldeide	16
3.7.3	Ozono	16
3.7.4	Biossido d'azoto	17
3.7.5	Anidride solforosa	17
3.7.6	Idrocarburi poliaromatici	18
3.7.7	Composti organici volatili (IPA)	18
3.8	Amianto ed altri aerosol fibrosi	19
3.9	Aerosol biologici	20
3.10	Particelle inalabili	21
3.11	Particelle metalliche ed altre particelle inalabili	22
3.12	Pesticidi ed altri composti semivolatili organici	23
3.13	Il fumo di tabacco	23
3.13.1	Elenco delle sostanze rilasciate dalle sigarette(µg/sigaretta)	25
4	Le particelle	27
4.1	Le dimensioni e la loro distribuzione in aria	27
4.2	Dimensioni delle polveri	29
4.3	Distribuzione delle polveri (indicativa)	29
4.4	Caratteristiche delle particelle aerodisperse	30
4.5	Concentrazioni tipiche degli inquinanti, loro sorgenti e rapporto tra le concentrazioni interne ed esterne negli ambienti indoor	31
4.6	Radon e prodotti del suo decadimento	33
4.7	L'aria come veicolo d'infezione	33
4.8	Indici di riferimento igienico-ambientali	35

4.9	Inquinamento indoor “ospedaliero”	35
4.10	I limiti di riferimento	36
5	La nuova norma UNI 11425:2011 per i blocchi operatori	39
5.1	Classificazione dei livelli di pulizia dell’aria	39
5.2	Parametri ambientali nei blocchi operatori	40
5.3	Limiti di esposizione a gas e vapori anestetici	41
6	Indoor Air Quality (IAQ)	42
6.1	Elementi che influenzano la qualità dell’aria negli ambienti	45
6.2	Come viene influenzata la qualità dell’aria negli ambienti	46
6.3	Tasso di ricambio dell’aria	47
7	Normative e standard internazionali e nazionali per la qualità dell’aria	50
7.1	Unità di misura	50
7.2	Le indicazioni di OMS	50
7.3	La normativa italiana	55
8	Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell’aria ambiente e per un’aria più pulita in Europa	59
9	La normativa europea	61
10	Il controllo degli inquinanti nell’ambiente interno	66
10.1	Le tipologie di filtrazione	66
10.1.1	I principi di funzionamento	67
10.1.2	Principio di setaccio	67
10.1.3	Principio inerziale	68
10.1.4	Effetto di intercettazione	68
10.1.4	Diffusione	68
10.2	Principio di filtrazione elettrostatica	69
10.2.1	Effetto elettrostatico:	69
10.2.2	Il filtro elettrostatico di tipo “Femec”	73
10.3	Filtri per inquinanti gassosi	75
10.4	Gli ionizzatori	77
10.5	Filtri dell’aria con ossidazione fotocatalitica	81
10.6	Filtri dell’aria che utilizzano luce ultravioletta (UV-C)	82
11	Confronto funzionale fra sei diversi depuratori d’aria installati su impianti	83
12	Metodo e metodologie per la certificazione e la verifica dei filtri dell’aria	87
12.1	La certificazione dei filtri secondo la UNI 10339:95 (ormai superata)	88
12.2	Gli standards europei EN 779 e EN 1822	94

12.3	La norma UNI EN 779 revisionata nel 2012	97
12.4	Norma UNI EN 1822	99
12.5	ASHRAE standard STD 52.2	101
12.6	La classificazione dei filtri elettronici	103
12.7	La nuova norma UNI per i filtri elettronici a piastre attive UNI 11254:2007	106
12.7.1	La loro Classificazione	106
12.7.2	La classificazione secondo l'efficienza	107
12.7.3	La classificazione in base alla efficienza media UNI 11254:2007	107
12.7.4	Il circuito di prova	108
12.7.5	Le dimensioni del circuito di prova	108
12.7.6	Preparazione del filtro da esaminare	109
12.7.7	La misura dell'efficienza in numero	109
12.7.8	La procedura della prova di carico	110
12.7.9	Efficienza in numero media	110
12.7.10	Marcatura del filtro provato	110
13	La nuova norma ISO 16890 Filtri aria per ventilazione generale	111
13.1	Premessa della norma internazionale	111
14	La classificazione energetica dei filtri aria	117
14.1	Il progetto di norma ISO "prEN ISO 12249-1"	117
14.1.1	Premessa	117
14.1.2	Esempi di consumi stimati	120
15	Strategie e modalità d'intervento per l'ottenimento di una migliore qualità dell'aria	123
15.1	Gli aspetti normativi e legislativi in materia di qualità dell'aria interna	124
15.1.1	Tab. 1: Gli inquinanti indoor secondo	126
15.2	Gli standards e loro applicazioni	126
15.2.1	Fig. 1: Schema di riferimento con l'utilizzo di un sistema di filtrazione in ricircolo (ASHRAE STD 62-2001)	127
15.2.2	Fig. 2: Tabella che illustra le modalità di calcolo in alcune tipologie d'impianto in funzione dell'aria esterna richiesta, della concentrazione interna degli inquinanti con l'utilizzo di un appropriato sistema di filtrazione in ricircolo (ASHRAE STD 62-2001)	128
15.3	La ventilazione per migliorare la qualità dell'aria interna	129
15.3.1	Strategie di intervento	129
15.3.2	Le normative e la legislazione attuali	129
15.3.3	Metodologie utilizzabili	130

15.3.3.1	Metodo prescrittivo	130
15.4	Quantificazione dell'aria esterna e la sua qualità	131
15.5	Verifica dei sistemi filtranti sull'aria esterna per la diluizione e la rimozione degli inquinanti particellari aerodispersi	131
15.5.1.1	Metodo prestazionale	131
16	Le norme di riferimento europee e nazionali	134
16.1	UNI EN 13779:2008 "Ventilazione degli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di climatizzazione"	134
16.1.1	Ambito di applicazione	134
16.1.2	Generalità	134
16.1.3	Principi	134
16.1.4	Caratteristiche generali dell'edificio	135
16.1.5	Qualità dell'aria per le persone	136
16.1.6	Velocità dell'aria	136
16.1.7	Requisiti del sistema	136
16.1.8	Processo dall'inizio del progetto fino all'esercizio	137
16.1.9	Definizioni e tipologie dell'aria	139
16.1.10	Efficienza di ventilazione	140
16.1.11	La classificazione dell'aria	140
16.1.12	Aria esterna	142
16.1.13	Aria d'immissione	143
16.1.14	Aria interna	143
16.1.15	Classificazione indiretta secondo il tasso di aria esterna per persona	145
16.1.16	Classificazione indiretta secondo il tasso di flusso d'aria per superficie	146
16.1.17	Classificazione sulla base del livello di CO ₂	146
16.1.18	Classificazione sulla base dei livelli di concentrazione per inquinanti specifici	147
16.1.19	Mansioni del sistema e tipologie fondamentali di sistemi	147
16.1.20	Possibili tipologie di controllo della qualità dell'aria interna (IDA-C)	148
16.1.21	Tipologie fondamentali di sistema secondo i mezzi di controllo dell'ambiente termico in un locale	149
16.1.22	Condizioni di pressione nel locale, espresse in flusso di aria di ventilazione	149
16.1.23	Potenza ventilante specifica	150
16.1.24	Efficienza di sistema	151
16.1.25	Zona occupata	151
16.1.26	Tasso di occupazione: Riferimenti di progetto relativi alla superficie per persona	153

16.1.27	La velocità dell'aria_____	153
16.1.28	Le quantità dell'aria estratta_____	154
16.1.29	Il rumore ambientale_____	154
16.1.30	Umidità dell'aria interna_____	155
16.1.31	Attività metabolica delle persone_____	155
16.1.32	Le bocchette di immissione e di scarico_____	156
16.1.33	Distanza tra le bocchette di immissione e le bocchette di scarico_____	157
16.2	Le norme di riferimento europee e nazionali_____	160
16.2.1	Introduzione:_____	160
16.2.2	Lo scopo_____	163
16.2.3	L'ambiente indoor. Parametri di input per la progettazione di edifici e dimensionamento di sistemi di riscaldamento, raffreddamento, ventilazione e illuminazione_____	164
16.2.4	Progettare per la qualità dell'aria interna (tassi di ventilazione)_____	164
16.2.5	Metodi di valutazione_____	166
16.2.5.1	Metodo 1 basato sulla qualità dell'aria percepita_____	166
16.2.5.2	Metodo 2 utilizzando criteri per singole sostanze_____	167
16.2.5.3	Metodo 3 basato su portate d'aria di ventilazione predefinite_____	168
16.2.5.4	Edifici residenziali_____	168
16.2.6	Filtrazione e pulizia dell'aria_____	169
16.2.7	Qualità dell'aria interna e ventilazione (residenze)_____	169
16.3	CEN/TR 16798-2:2019 (stralcio della parte informativa inerente la qualità dell'aria)_____	170
16.3.1	Criteri OMS per la salute nell'ambiente interno_____	170
16.3.2	Metodi raccomandati per la sostituzione dell'aria di ventilazione con la depurazione dell'aria_____	171
16.4	Qualità dell'aria interna_____	172
16.5	UNI EN 16798-1:2019 Allegato A Normativo_____	173
16.5.1	Generale_____	173
16.5.2	Progettare le portate d'aria di ventilazione per edifici non residenziali_____	174
16.5.2.1	Generale_____	174
16.5.2.2	Metodo 1 - Metodo basato sulla qualità dell'aria percepita_____	175
16.5.2.3	Metodo 2 - Metodo che utilizza valori limite di concentrazione della sostanza_____	180
16.5.2.4	Metodo 3: metodo basato su portate d'aria predefinite: Non si applica_____	181
16.5.3	Le portate d'aria di ventilazione di progetto per edifici residenziali_____	181
16.5.4	Criteri per il dimensionamento di umidificazione e deumidificazione_____	182

16.5.5	Come definire gli edifici caratterizzati da tassi di inquinanti bassi e molto bassi	183
16.5.6	Criteri per le sostanze presenti nell'aria interna	183
16.5.7	Tassi di occupazione di riferimento	185
16.6	UNI EN 16798-3:2018	186
16.6.1	Introduzione	187
16.6.2	Lo scopo	188
16.6.3	L'ambiente indoor	189
16.6.4	Accordo dei criteri di progettazione	189
16.6.4.1	Caratteristiche generali dell'edificio	190
16.6.5	Classificazione e simbologia	195
16.6.5.1	Aria estratta ed espulsa	197
16.6.5.2	La qualità dell'aria esterna	198
16.6.5.3	La qualità dell'aria immessa	199
16.6.6	La filtrazione dell'aria	201
16.6.6.1	La filtrazione dei gas	202
16.6.7	Allegato A normativo	203
16.6.8	Valutazione filtri in revisione norma	204
16.6.9	Esempi di concentrazioni degli inquinanti in revisione norma	205
16.7	Progetto di norma UNI (10339rev) dovrebbe sostituire la 10339:95 ed essere l'interpretazione italiana della EN 16798-1-3	206
16.7.1	Introduzione	206
16.7.2	Scopo e campo di applicazione	206
16.7.3	Tipologie di trattamenti dell'aria	208
16.7.4	Tipologie degli impianti	209
16.7.5	Impianto con trattamento locale sia dell'aria primaria sia dell'aria secondaria	210
16.7.6	Benessere e qualità dell'ambiente indoor	210
16.7.7	Qualità dell'aria	213
16.7.8	Il benessere acustico	215
16.7.9	Temperatura operativa interna di progetto	216
16.7.10	Umidità relativa interna di progetto	216
16.7.11	Velocità dell'aria interna di progetto	217
16.7.12	Metodo prescrittivo e metodo prestazionale per l'ottenimento della qualità dell'aria interna	218
16.7.13	Filtrazione	227
16.7.14	Metodo prestazionale	231

16.7.15	Strategie di ventilazione	241
16.7.16	Diffusione dell'aria in ambiente	241
16.7.17	Efficienza di ventilazione	241
16.7.18	Prescrizioni relative ai sistemi aeraulici	244
16.7.19	La manutenzione	253
16.8	Revisione della 10339	254
16.8.1	Parte 1: Definizioni e classificazione. Prescrizioni relative a componenti e a sistemi aeraulici (in fase di approvazione)	254
16.9	UNI EN 15780:2011	273
16.9.1	Ventilazione degli edifici - Condotti - Pulizia dei sistemi di ventilazione	273
16.9.2	Campo di applicazione	275
16.9.3	Scopo della manutenzione	276
16.9.4	Gestione dei filtri aria	278
17	La Conferenza Stato-Regioni-Province autonome "Procedura operativa per la valutazione e gestione dei rischi correlati all'igiene degli impianti di trattamento aria".	281
17.1	Premessa	281
18	Articolo inerente un esempio di calcolo utilizzando il bilancio di massa consigliato dalla normativa attuale	290
19	Articolo sulla possibile riduzione microbiologica aerodispersa e sulla superficie di un filtro elettrostatico: "Abbattimento della carica batterica totale aerodispersa in un impianto di ventilazione mediante una barriera filtrante di tipo elettrostatico"	306
19.1	Prove di efficacia dei filtri elettrostatici "Crystall" di Sabiana SpA	316
20	Il fumo di tabacco	327
20.a	Norma Italiana UNI11541: Requisiti di progettazione, installazione ed esercizio degli impianti di ventilazione e climatizzazione a servizio degli ambienti in cui sia consentito fumare	327
20.1	Il fumo di tabacco e la Legislazione nazionale e regionale in materia	327
20.2	Legislazione regionale	333
20.3	Proposta di legge avanzata da Veronesi, passata in Consiglio dei Ministri, non ancora entrata in fase attuativa in quanto deve essere discussa ed approvata in Parlamento.	334
20.4	Circolare 28 marzo 2001 n. 4 Emanata dal Ministero della sanità	337
20.5	LEGGE 31 ottobre 2003, n. 306 (modifica della legge 3 del 16 gennaio 2003) Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee. Legge comunitaria 2003.	344
20.6	Decreto del presidente del consiglio dei ministri	347
20.7	Nota Tecnica su "Divieto di Fumo" e D.Lgs. n. 626/94 – Titolo VII-bis	350

20.8	Circolare del 17 dicembre 2004 del ministero della Salute	354
21	“Titolo III - Ambienti confinanti - Igiene edilizia” del regolamento di Igiene del Comune di Milano in vigore dal 23 maggio 1995.	360
22	H Circolare CNR del 1992	364
23	Bontempi RCI 5	366

1 Premessa

La qualità dell'aria

Le indagini sugli stili di vita dei cittadini ci dicono che le persone, nell'arco della giornata, trascorrono la maggior parte del proprio tempo in ambienti chiusi (indoor). I risultati di numerosi studi mettono in evidenza che la concentrazione di inquinanti nell'aria indoor è spesso superiore ai rispettivi valori esterni. Negli ultimi anni la qualità dell'aria indoor è stata finalmente riconosciuta come obiettivo imprescindibile di una strategia integrata relativa all'inquinamento atmosferico nel suo complesso. Basti pensare che nel 2000 l'Organizzazione Mondiale della Sanità, tramite il documento **"The Right to Healthy Indoor Air"**, ha riconosciuto una salutare aria indoor come un diritto umano fondamentale. Successivamente, nel 2003, la Commissione Europea ha adottato la Strategia Ambiente e Salute, che pone tra gli obiettivi prioritari la riduzione di asma, allergie e dei disturbi respiratori causati dall'inquinamento dell'aria esterna e degli ambienti chiusi. Le stesse linee guida sulla qualità dell'aria dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, nella versione più aggiornata (WHO Air Quality Guidelines, Global Update 2010), fanno un esplicito riferimento alla necessità di predisporre linee guida per l'inquinamento dell'aria indoor. Un primo passo in tale direzione è costituito dalla recente pubblicazione da parte dell'Organizzazione Mondiale della Sanità di linee guida per la qualità dell'aria indoor relativamente a umidità e muffe e delle linee guida relative alle sostanze chimiche pertinenti. Tali relazioni presentano una disamina dell'evidenza scientifica circa i problemi sanitari associati alla presenza di umidità, di inquinanti biologici e chimici all'interno degli spazi chiusi, fornendo raccomandazioni e misure di controllo.

Avendo l'inquinamento indoor origine sia da fonti esterne che interne, è facile comprendere che le sole misure relative alla riduzione delle concentrazioni esterne non sono sufficienti a garantire una buona qualità dell'aria negli ambienti confinati.

Siamo tutti consapevoli che una delle future principali sfide per l'Europa, e in particolare per l'Italia, sia la riduzione del consumo energetico negli edifici e di come anche la legislazione si stia muovendo per garantire gli strumenti idonei al perseguimento di tale risultato, ma non si deve dimenticare che in questi stessi edifici possono essere presenti numerosi composti chimici che rappresentano un rischio per la salute dei soggetti esposti.

È auspicabile, quindi, che nel considerare le misure per l'intervento sugli edifici, finalizzate al contenimento energetico, si intervenga per garantire la salubrità degli ambienti confinati, mettendo a punto gli idonei strumenti normativi.

V. Grimaldi – Commissario Straordinario ISPRA

2 The Right to Healthy Indoor Air



Principio 1:

In base al principio del diritto umano alla salute, ognuno ha il diritto di respirare aria sana in ambiente confinato.

Principio 2:

In base al principio del rispetto per l'autonomia ("l'autodeterminazione"), tutti hanno il diritto di un'informazione adeguata su esposizioni potenzialmente nocive e di essere dotato di mezzi efficaci per il controllo di almeno una parte della loro esposizione.

Principio 3:

In virtù del principio di non-malvagità ("non fare danni"), nessun inquinante dovrebbe essere introdotto in ambiente confinato in concentrazione tale da esporre i suoi occupanti ad un rischio inutile per la propria salute.

Principio 4:

In virtù del principio di giovamento ("fare del bene"), tutti gli individui, i gruppi e le organizzazioni associati ad un edificio, sia esso privato, pubblico o governativo, hanno la responsabilità di sostenere e lavorare per la qualità dell'aria accettabile per gli occupanti.

Principio 5:

In virtù del principio di giustizia sociale, lo status socio-economico degli occupanti non dovrebbe avere alcuna incidenza sul loro accesso ad un'aria interna pulita, ma lo stato di salute può determinare bisogni speciali per alcuni gruppi.

Principio 6:

In virtù del principio di responsabilità, tutte le organizzazioni competenti dovrebbero stabilire cri-

teri espliciti per la valutazione della qualità dell'aria nell'edificio e il suo impatto sulla salute della popolazione e sull'ambiente.

Principio 7:

In base al principio di precauzione, laddove vi è un rischio di esposizione ad un'aria interna dannosa, l'incertezza non deve essere usata come pretesto per rinviare misure efficaci per prevenire tale esposizione.

Principio 8:

Sotto il principio del "chi inquina paga", l'inquinatore è responsabile per qualsiasi danno alla salute e/o al benessere derivante da un'esposizione ad un'aria interna malsana. Inoltre, chi inquina è responsabile dell'attenuazione e bonifica del danno recato.

Principio 9:

In base al principio della sostenibilità, la salute e l'ambiente sono preoccupazioni che non possono essere separate. La diffusione di un'aria interna sana non dovrebbe compromettere l'integrità ecologica globale o locale, o i diritti delle generazioni future.

3 Qualità dell'aria

3.1 L'aria - Descrizione dei contaminanti

L'aria che ci circonda e che respiriamo è composta da molteplici sostanze gassose e sostanze particolate (aventi una massa, anche se piccola). La composizione delle sostanze gassose nell'aria pulita, secca e al livello del mare è prevalentemente costituita da: 21% ossigeno, 78% azoto, 1% argon, 0,04% anidride carbonica. Essa include inoltre piccole concentrazioni di idrogeno, neon, krypton, elio, ozono, xeno ecc. unite a concentrazioni variabili di vapore acqueo e piccole quantità di sostanze solide e liquide microniche e sub-microniche, definite come impurità o pulviscolo atmosferico permanente. Tali sostanze solide sono generate da fenomeni naturali come l'erosione del vento, le eruzioni vulcaniche, fenomeni di evaporazione, condensazione ecc. La loro naturale concentrazione in aria varia da continente a continente, tra luogo e luogo ma essa è sempre nettamente inferiore alle concentrazioni prodotte e derivate dall'attività umana. I contaminanti presenti in aria sono classificati a seconda della loro natura chimico-fisica, biologica, dimensionale, tossicologica, mutagena. Essi sono presenti e rilevabili in aria in forma solida, liquida o gassosa, a seconda della loro fonte di generazione e alle condizioni ambientali (pressione e temperatura) di contorno che sussistono.

3.2 Forma solida:

La polvere atmosferica è composta da particelle solide aventi dimensione molto piccole. Sono il prodotto di forze naturali, quali vento, eruzioni vulcaniche, terremoti e di forzemi meccaniche artificiali, quali molature, abrasioni, perforazioni, esplosioni, escavazioni, combustioni, ecc.

3.3 Vapori:

Sono formati da particelle derivate dalla condensazione di materiali solidi vaporizzati. I vapori metallici sono generati dalla liquefazione di metalli e dalla loro ossidazione. I vapori sono altresì generati da fenomeni di distillazione, sublimazione e reazioni chimiche. Tali processi creano particelle aerodisperse di dimensioni molto piccole, tipicamente inferiori ad $1\mu\text{m}$, ma nel tempo possono agglomerarsi e formare grappoli con dimensioni maggiori.

3.4 Fumi:

Il fumo è formato prevalentemente da particelle solide e liquide derivate dalla combustione incompleta di sostanze organiche e materiale carbonioso. Anche se il termine fumo è applicato a una miscela di sostanze solide, liquide e gassose, la letteratura tecnica tende a distinguere tra particelle carboniose o fuliggine, ceneri volanti, gas incombusti e prodotti gassosi della combustione. Tali particelle hanno varie dimensioni, tutte però molto piccole e di molto inferiori ad $1\mu\text{m}$, tipicamente da $0,1\mu\text{m}$ a $0,3\mu\text{m}$.

3.5 Aerosol biologico:

Con il termine bioaerosol si intendono tutte le sostanze aerodisperse di natura biologica quali virus, batteri, pollini, funghi e spore. I virus hanno una dimensione tipica che va da 0,003 a 0,06 μm , anche se sono usualmente presenti in colonie e vengono veicolati sulla superficie o inglobati da altre particelle.

La maggior parte dei batteri hanno una dimensione tra lo 0,4 e 5 μm e sono comunemente associati a grandi particelle. I funghi e le spore hanno una dimensione tra i 10 e 30 μm , mentre i pollini vanno da 3 a 100 μm , anche se in maggioranza le varietà più comuni hanno una dimensione tra i 20 e i 40 μm . Essi sono prodotti generalmente dalle attività metaboliche umane, animali e vegetali, agenti infettivi vengono diffusi in ambiente indoor da impianti di umidificazione e ventilazione non correttamente gestiti.

3.6 Smog:

Per smog si intende quella miscela composta da particelle di fumo e goccioline d'acqua, di cui è composta la nebbia, in concentrazione tale da essere visibile ed essere causa di irritazioni dovute alla sua tossicità. La sua composizione varia a seconda della sua locazione e delle ore del giorno. Il termine è frequentemente associato all'inquinamento atmosferico dovuto alla reazione fotochimica della luce solare con le sostanze rilasciate dagli scarichi dei veicoli. Nelle aree urbane lo smog è più frequente a causa del fenomeno dell'inversione termica che rende difficoltosa la normale dispersione di queste sostanze inquinanti.

3.7 Gas:

Si usa il termine gas per tutte quelle sostanze che sono in stato gassoso o molecolare in normali condizioni atmosferiche di pressione e temperatura.

3.7.1 Ossido di carbonio

Il CO si forma all'interno degli ambienti essenzialmente a causa di apparecchiature di cucina e di riscaldamento non adeguatamente ventilati ed a causa del fumo di tabacco. Possono anche essere fonti di notevole importanza le emissioni di veicoli che provengono da garage contigui o posti nel sottosuolo dell'edificio. Il CO è essenzialmente di natura non reattiva, quindi, in assenza di sue sorgenti interne, le sue concentrazioni all'interno degli ambienti sono di solito allineate alle concentrazioni rilevabili all'esterno dell'edificio. Viceversa, nel caso di esistenza di fonti interne, le concentrazioni interne possono anche essere molto più grandi di quelle esterne. I livelli di concentrazione interni possono anche superare i valori dello standard ambientale per 8 ore, specialmente nei casi nei quali esistano significativi fonti interne. Di norma tali concentrazioni non superano lo

standard ambientale per più di 1 ora, eccetto quando si verificano seri inconvenienti nei dispositivi a combustione installati all'interno degli ambienti.

Il monossido di carbonio (CO) possiede un ampio spettro di effetti che si manifestano in modo più o meno acuto a seconda delle concentrazioni presenti nell'aria: dalla riduzione dell'attenzione e della memoria con riduzione della capacità lavorativa per le concentrazioni inferiori, fino ad effetti molto gravi quali crisi cardiache, obnubilazione sensoriale e morte per asfissia. Il riconoscimento di un'intossicazione da CO, strettamente correlato alla quantità di carbossiemoglobina (HbCO) nel sangue, risulta piuttosto difficile nel caso di assunzione in piccola quantità, a causa della aspecificità dei sintomi e della lunga latenza della risposta. Vi sono anche limitati dati epidemiologici che indicano che l'esposizione protratta a bassi livelli di CO aumenta la mortalità per malattie cardiovascolari.

3.7.2 Formaldeide

La formaldeide è una sostanza organica volatile incolore caratterizzata da un odore tipico. Essa irrita molto facilmente le mucose degli occhi e le superfici delle vie aeree superiori con le quali viene in contatto perché molto solubile in acqua. La formaldeide rappresenta un modello e un indicatore della presenza in ambiente del suo gruppo di inquinanti detto dei composti organici volatili (VOC), in quanto è la sostanza che si ritrova con maggior frequenza in quegli ambienti in cui si siano verificati disagi alle persone.

L'HCHO, in passato usata per gli isolamenti, è un componente dei collanti usati per i prodotti in legno comunemente messi in commercio. Le fonti interne di HCHO comprendono i truciolati, i compensati, le pannellature in legno, il mobilio, le schiume isolanti in ureaformaldeide, il fumo di tabacco ed i prodotti della combustione del gas. Alcune tra le più alte concentrazioni, eccedenti le 0,1 ppm, sono state rilevate in case mobili caratterizzate da ristrettezze di spazi interni, nelle quali i volumi interni sono ridotti rispetto alle superfici rivestite con materiali che contengono HCHO. L'emissione di HCHO aumenta quanto più aumentano la temperatura e l'umidità. Attualmente l'uso di tali composti nella costruzione di arredi è di molto diminuita e di conseguenza è diminuito il rischio per la salute degli occupanti.

3.7.3 Ozono

In parecchi casi la fonte dello O₃ rilevato in ambienti è la stessa aria contenutavi, quella che in pratica viene immessa in ambiente dall'esterno per ventilazione. Infatti l'aria esterna contiene una concentrazione d'ozono più elevata rispetto all'aria interna degli ambienti. Tale variazione dipende dalle stagioni, dalla luce solare e dall'inquinamento presente in determinate aree urbane con forte traffico veicolare. Eccezionalmente la fonte interna può essere costituita da alcuni tipi di fotocopiatrici e di filtri per l'aria,

non correttamente dimensionati, che lavorano secondo principi elettrostatici. Il decadimento dell'ozono negli ambienti è molto rapido. Il periodo di dimezzamento dell'O₃, cioè il tempo necessario affinché il valore della concentrazione iniziale si riduca a metà del valore originale, è solitamente meno di 30 minuti. È comunque non facile imbattersi in valori di concentrazione ambientale di ozono alti. Alcuni ricercatori affermano che una contenuta concentrazione d'ozono (20-30 µg/m³) in ambiente riduca lo sviluppo di sostanze biologiche potenzialmente nocive alle persone presenti ed inoltre, reagendo con sostanze odorifere di natura organica, ne aumenta notevolmente la soglia olfattiva, diminuendo così l'effetto negativo del cattivo odore percepito dall'uomo.

3.7.4 Biossido d'azoto

Le fonti di NO₂ sono generalmente le stesse del CO, ma di solito l'emissione di NO₂ è conseguenza di una combustione ad alta temperatura, mentre l'emissione di CO è causata da una combustione incompleta. Inoltre l'NO₂ è un gas abbastanza reattivo.

In assenza di fonti interne i livelli di NO₂ misurabili all'interno degli ambienti sono di solito uguali a quelli misurabili al loro esterno. Nel caso in cui siano presenti fonti interne la concentrazione interna di NO₂ è ovviamente superiore alla concentrazione esterna; tuttavia dopo l'eliminazione della fonte interna la concentrazione di NO₂ diminuisce rapidamente in virtù della reattività chimica di questo composto. Per brevi periodi (da 1 a 24 ore) le concentrazioni in ambiente di NO₂ possono anche superare i valori prefissati dal National Ambient Air Quality Standard (NAAQS) di 100 µm/m³ (EPA 1971).

Per quanto concerne il biossido d'azoto, è stato osservato che l'esposizione a piccole concentrazioni di NO₂ (1-2.5 ppm) diminuisce la funzione respiratoria nei bambini e probabilmente anche negli adulti. Ricerche sperimentali nell'animale e alcuni dati epidemiologici sembrano indicare un effetto interattivo di questo gas con altri inquinanti, con produzione di effetti immunodepressivi e di modificazioni della anatomia e della funzionalità del polmone.

3.7.5 Anidride solforosa

Le fonti interne di anidride solforosa sono abbastanza rare, con esclusione delle stufe a carbone e delle stufe a kerosene. A somiglianza dell'O₃ l'SO₂ si trasforma chimicamente a contatto con le superfici interne quali i tessuti delle tappezzerie, i drappaggi ed i tappeti con il risultato di essere caratterizzata da una concentrazione ambientale di solito piuttosto bassa. Il periodo di dimezzamento dell'SO₂ è tuttavia più lungo di quello dell'O₃. In assenza di fonti interne, la concentrazione di SO₂ negli ambienti chiusi e di solito inferiore alla concentrazione rilevabile all'esterno. Per quanto concerne l'anidride solforosa studi di esposizione sperimentale hanno rilevato che concentrazioni di 0.75 ppm per meno di 1 minuto causano diminuzione della funzione respiratoria nei lattanti e

negli anziani, in sinergismo con il particolato atmosferico. Nei soggetti esposti inoltre si determina un notevole aumento delle resistenze delle vie aeree.

3.7.6 Idrocarburi poliaromatici

Gli idrocarburi poliaromatici (PAH), talvolta chiamati anche composti organici policiclici (POM) oppure composti aromatici polinucleari (PNA), rappresentano una grande famiglia di composti organici complessi che comprende alcune sostanze cancerogene ed altre sospettate di esserlo. I processi di combustione emettono PAH sotto forma di vapori che rapidamente si condensano trasformandosi in un aerosol sospeso nell'aria.

Sebbene il benzopirene (BaP) non sia del tutto rappresentativo per quanto riguarda l'esposizione ai PAH, la misura della sua concentrazione è spesso usata come surrogato. I PAH derivano da una combustione incompleta dei composti organici che può avvenire in processi come la fabbricazione del coke, la produzione dell'asfalto ed il suo uso, nonché nella combustione del carbon fossile. Le principali fonti interne di PAH possono essere considerate la combustione del legno, il fumo ed i processi di cottura degli alimenti.

La concentrazione di questi composti viene espressa in nanogrammi per metro cubo (ng/m^3); un gran numero di dibattiti ha permesso di stabilire la parte della quantità totale di PAH che sfugge alla semplice rilevazione dei soli PAH condensati. Tuttavia l'esposizione ai PAH in fase di vapore non do-vrebbe essere altrettanto significativa dell'esposizione ai PAH condensati attorno a particelle solide. Circa la concentrazione di PAH all'interno degli ambienti sono disponibili solo dati parziali.

3.7.7 Composti organici volatili (IPA)

Nell'aria degli ambienti interni non industriali sono stati identificati numerosi composti organici in fase gassosa che vengono classificati in più gruppi. Tra questi, di particolare importanza è il gruppo dei composti organici volatili (VOC) che è costituito da composti che hanno un punto di ebollizione compreso tra $50\text{-}100^\circ\text{C}$ e $240\text{-}260^\circ\text{C}$. Appartengono a questo gruppo numerosi composti quali idrocarburi alifatici, aromatici e clorurati, aldeidi, terpeni, alcoli, esteri e chetoni.

All'interno degli ambienti vengono di norma emessi parecchi vapori di composti organici volatili. Tali composti sono di solito presenti per gli edifici moderni nei materiali decorativi ed in svariati prodotti di consumo. Le principali fonti interne di questi composti sono i solventi, gli arredamenti ed altri prodotti di largo consumo quali le bombolette aerosol e le vernici. Parecchie attività che si svolgono all'interno degli ambienti, come il fumare e i mestieri più svariati possono pure essere fonti di emissione di composti organici volatili. La concentrazione di questi contaminanti può largamente variare da abitazione ad abitazione in funzione dell'intensità delle fonti interne, della loro quantità, del tasso di ventilazione e di altri fattori. Esistono solo dati limitati circa la concentrazione

interna e la concentrazione esterna di questi prodotti, ma gli studi eseguiti hanno dimostrato che le concentrazioni interne sono di norma superiori a quelle esterne.

I VOC possono essere causa di una vasta gamma di effetti che vanno dal disagio sensoriale fino a gravi alterazioni dello stato di salute. Ad alte concentrazioni alcuni dei VOC individuati negli ambienti interni possono causare effetti a carico di numerosi organi o apparati, in particolare a carico del sistema nervoso centrale; si tratta tuttavia di concentrazioni generalmente molto superiori a quelle riscontrate negli ambienti indoor. Alcuni VOC sono riconosciuti cancerogeni per l'uomo (benzene) o per l'animale (tetracloruro di carbonio, cloroformio, tricloroetilene, tetracloroetilene). Composti quali lo stirene e l'apinene sono mutageni e possibili cancerogeni, mentre l'ottano, il decano e l'undecano sono possibili cocancerogeni. È stato ipotizzato che l'inquinamento indoor da VOC possa costituire un significativo rischio cancerogeno per i soggetti che trascorrono molto tempo in ambienti confinati, anche se la difficoltà di caratterizzare tale inquinamento rende queste valutazioni non ancora conclusive. Numerosi composti organici volatili sono irritanti o dotati di odore sgradevole. Sulla base di recenti evidenze emerse da studi epidemiologici condotti su addetti al lavoro d'ufficio e da studi sperimentali condotti in camere climatizzate, è stato ipotizzato che questo tipo di esposizione possa contribuire in modo significativo ai disturbi irritativi e del comfort lamentati da personale operante in uffici.

3.8 Amianto ed altri aerosol fibrosi

Le fibre minerali comprendono vari materiali fibrosi, fra cui spicca per importanza l'amianto. L'amianto, un gruppo di fibre minerali di silicato inorganico, era largamente impiegato come coibente nei materiali usati per la costruzione di scuole e di strutture residenziali private e pubbliche e in alcuni mezzi di trasporto. L'emissione d'amianto nell'aria degli ambienti dipende dalla coesione dei materiali che lo contengono e dall'intensità delle forze che agiscono sugli stessi materiali. Per esempio l'amianto friabile che è contenuto nei rivestimenti ignifughi di tipo soffice può facilmente passare all'aria ambiente a causa di una perturbazione arrecata alla superficie del rivestimento. Viceversa l'amianto compatto contenuto nei materiali più resistenti, come i prodotti vinilici per superfici, può passare nell'aria solo a seguito di lavorazioni quali la sabbiatura, la molatura oppure il taglio. Alcuni studi hanno dimostrato che la concentrazione interna e la quantità assoluta di fibre dissolte nell'aria possono superare i valori esterni ed avvicinarsi talvolta al valore di sicurezza (2 fibre/ml). Per le concentrazioni rilevabili generalmente negli ambienti indoor (0,5 - 200 fibre/litro) sussiste soprattutto il problema dell'aumento di rischio di cancro del polmone e di mesotelioma pleurico, una neoplasia strettamente correlata all'esposizione all'asbesto, piuttosto rara nella popolazione in generale.

3.9 Aerosol biologici

Fatti evidenti indicano che un certo numero di microrganismi in grado di provocare malattie contagiose, tra i quali quelli che causano l'influenza, la sindrome del legionario, la tubercolosi, il morbillo, la parotite e la varicella, sono in grado di diffondersi attraverso l'aria degli ambienti. Problemi alle vie respiratorie, come i comuni raffreddori e le infezioni polmonari, sono pure caratterizzati dalla capacità di diffondersi attraverso l'aria ambientale. La diffusione avviene nel momento in cui l'apparato respiratorio di un individuo infetto emette particelle liquide, le quali evaporano trasformandosi in particelle più piccole in grado di rimanere in sospensione nell'aria per un certo periodo di tempo. Le correnti d'aria naturali e i suoi moti convettivi provvedono poi al trasporto di tali particelle all'ingresso del sistema respiratorio di altri individui. L'effetto di una ridotta ventilazione degli edifici sull'incidenza della diffusione di tali infezioni è ancora tema di discussione. Un grande numero di pollini, funghi, alghe, attinomiceti, frammenti organici, polveri e peli d'animali sono noti per essere fonti aeree di antigeni che confermano la reazione del corpo umano alla loro presenza nell'aria. Più recenti sono le evidenze scientifiche che associano le reazioni del corpo umano anche ai batteri dell'aria, ai protozoi e ad altri gruppi di microrganismi.

Sebbene l'esposizione degli uomini ai fattori allergizzanti presenti nell'aria sia ricorrente per periodi di tempo variabili, non esistono dati affidabili per quanto riguarda la loro concentrazione nell'aria, sia all'esterno sia all'interno degli ambienti. I contaminanti biologici sono rappresentati da particelle organiche areodisperse (bioaerosol) costituite da microrganismi (vitali e non), pollini, spore, acari e altro materiale biologico da essi derivato. Negli ambienti confinati le principali fonti di inquinamento microbiologico sono rappresentate dall'uomo e dalle strutture e servizi degli edifici stessi. Per quanto concerne strutture e servizi, importanti serbatoi sono l'acqua ferma, manufatti tessili per arredamento, alimenti, piante e rifiuti. Altre sorgenti da considerare sono gli umidificatori ed i condizionatori dell'aria dove condizioni di eccessiva umidità e un'inadeguata pulizia facilitano l'insediamento e la moltiplicazione dei microrganismi.

Le patologie causate dagli agenti biologici possono essere, se pure raramente, molto gravi o letali; più frequentemente si tratta di forme lievi che possono interferire con la normale vita di relazione e la capacità lavorativa. Le principali patologie causate da agenti biologici sono: malattie infettive, reazioni allergiche ed effetti da azione tossica diretta.

Le malattie infettive trasmesse per via aerea comprendono entità nosologiche a carico dell'apparato respiratorio (tubercolosi, influenza e virus respiratorie, polmonite virale, ecc.); vengono inoltre annoverate fra esse alcune malattie esantematiche (morbillo, varicella, ecc.) e affezioni con localizzazione extrarespiratoria (meningite cerebrospinale, poliomielite, ecc.) i cui agenti eziologici vengono eliminati, anche se non sempre esclusivamente, per via aerea. La trasmissione può avvenire tramite l'aria (come veicolo) o per trasmissione diretta soggetto a soggetto. Nel caso del morbillo

in edifici scolastici è stato dimostrato un certo ruolo nella diffusione da parte degli impianti di ventilazione a ricircolo mal gestito.

Di particolare interesse risulta la constatazione che alcuni batteri, quali la *Legionella pneumophila* ed alcune specie di *Pseudomonas* e *Acinetobacter*, a causa della loro moltiplicazione e disseminazione negli impianti di condizionamento dell'aria e negli impianti idro-sanitari, sono risultati responsabili sia di casi isolati che di episodi epidemici di polmonite ad esito anche letale o di colonizzazione delle prime vie aeree in pazienti ospedalizzati.

Anche un'altra patologia infettiva, la "febbre da umidificatore", detta anche "malattia del lunedì", il cui agente patogeno è del genere *Actinomyces*, ha come serbatoio ambientale l'impianto di umidificazione dell'aria. In questo caso i microrganismi si moltiplicano durante la fermata festiva per il fine settimana degli impianti e al lunedì, quando gli impianti vengono riattivati, vengono diffusi nell'aria e quindi possono causare affezioni respiratorie (alveolite allergica estrinseca) e stati febbrili acuti negli occupanti. L'entità e l'evoluzione di queste malattie sono tuttavia fortemente condizionate dai fattori di difesa dell'ospite.

Per quanto concerne gli effetti di tipo allergico, essi si manifestano nei soggetti ipersensibili e derivano dalla presenza nell'aria di allergeni costituiti da microrganismi viventi (come ad esempio le muffe, spore fungine, amebe, alghe e batteri) e da particelle non vitali (escrementi e derivati di acari, insetti e parassiti, escrezioni di animali, pollini, endotossine ecc.). La patologia risultante è solitamente del tipo asma bronchiale, ma sono frequenti anche reazioni delle vie aeree superiori e delle mucose (riniti, congiuntiviti). Di particolare importanza sono gli antigeni prodotti dagli escrementi degli acari: indagini compiute su soggetti asmatici indicano che il 20-30% di questi mostrano positività al test cutaneo intradermico con gli antigeni degli acari. Infine sono descritti effetti tossici diretti causati da aerosol biologici. Alcune muffe producono micotossine che possono causare, anche a modeste concentrazioni, lesioni gastrointestinali, depressione dell'emopoiesi e delle funzioni riproduttive ed è stato segnalato anche un effetto immunosoppressivo. La loro azione tossica sul sistema nervoso centrale provoca una sintomatologia caratterizzata da anoressia, astenia e nausea. La comparsa di effetti tossici dovuta alla presenza di micotossine aerodisperse è stata anche descritta in seguito a contaminazione degli ambienti di vita con muffe appartenenti ai generi *Stachybotrys*, *Fusarium* e *Trichoderma*.

3.10 Particelle inalabili

Fino ad un'epoca abbastanza recente, la misura delle particelle solide veniva eseguita col criterio TSP (Particolato totale) che non prevede una discriminazione di grandezza. A partire dalla fine degli anni '70 la determinazione è stata focalizzata sulle particelle di dimensioni comprese tra gli 0 ed i 10 µm tra le quali viene identificata una frazione più grossolana con dimensioni tra i 3 ed i 10 µm ed

una frazione più fine con dimensioni inferiori ai 5 µm. La frazione più fine viene spesso identificata come complesso delle particelle solide respirabili. Alcuni scienziati ritengono che potrebbe essere più importante prendere in considerazione ogni grandezza delle particelle, piuttosto che campioni discreti delle loro dimensioni.

Le frazioni fini e grossolane delle particelle inalabili hanno differenti fonti e differenti composizioni chimiche. Le particelle fini sono principalmente generate dalla coagulazione dei nuclei Aitken (<0,1 µm) e dalla condensazione del vapore attorno a questi nuclei. Le particelle fini consistono tipicamente in solfati, nitrati, sali d'ammonio, composti organici e taluni metalli quali il piombo (Pb) prodotti da svariati processi di combustione e da trasformazioni atmosferiche. Le particelle grossolane sono invece principalmente prodotte da azioni meccaniche quali la frantumazione e l'abrasione. Di solito tali particelle grossolane sono polveri minerali come ossidi di silicio, ferro ed alluminio, fibre provenienti da piante, animali ed insetti, frammenti di pneumatici, freni dei veicoli e sale marino.

L'analisi chimica delle particelle inalabili suggerisce che le composizioni delle particelle esistenti in ambienti chiusi siano diverse dalle composizioni delle particelle esistenti all'esterno; si ritiene che ciò sia dovuto all'effetto barriera esercitato dalle pareti dell'edificio sulle fonti esterne. Tuttavia la massa delle particelle esistenti all'interno può essere superiore alla massa di quelle esistenti all'esterno, rivelando così che le fonti interne, quali il fumo e la generazione di polveri, sono importanti componenti della concentrazione interna.

3.11 Particelle metalliche ed altre particelle inalabili

I metalli reperibili nell'aria degli ambienti chiusi sono di tipo pesante, come il piombo (Pb), il mercurio (Hg) e l'arsenico (As). Questi contaminanti appartengono al gruppo delle particelle solide descritto in precedenza. È evidente che tali metalli non possono derivare da fonti poste all'interno degli ambienti. Tuttavia in alcuni vecchi edifici, nei quali sono state usate vernici al piombo, si possono trovare disperse nell'aria minutissime scaglie di vernice derivanti dall'abrasione superficiale delle superfici e ad altri fenomeni. L'ingestione diretta di tali sostanze è un gravissimo rischio specialmente per i bambini più piccoli. Inoltre, ricordiamo che il fumo e l'uso di pesticidi contribuisce all'innalzamento dei livelli di presenza in ambiente di tracce di metalli pesanti come l'arsenico (As) ed il cadmio (Cd).

Un'altra possibile fonte interna indiretta può essere l'accumulo delle polveri e delle particelle che entrano in ambiente per infiltrazione di aria esterna o introdotti dagli occupanti. Altre particelle inalabili sono i solfati ed i nitrati. Di difficile reperimento sono le informazioni circa la generazione di solfati e di nitrati all'interno degli ambienti.

3.12 Pesticidi ed altri composti semivolatili organici

La denominazione di pesticida è comune ad un largo gruppo di sostanze tossiche organiche normalmente poste in commercio per combattere i più disparati tipi di insetti. Le fonti interne di tali sostanze comprendono le bombolette spray, le strisce anti-insetti, le superfici da esse ricoperte e frutti e fiori contaminati. Alcuni dei pesticidi di solito usati nei dintorni o all'interno degli ambienti abitati sono il clordano, usato per combattere le termiti ed i tarli, i diclorati usati nei collari antipulci per i cani ed i gatti ed il carbammato usato per la produzione degli insetticidi domestici. Circa la concentrazione di pesticidi all'interno degli ambienti esistono solamente dati limitati.

3.13 Il fumo di tabacco

Il fumo di tabacco in ambiente (*Environmental Tobacco Smoke*, ETS) è la combinazione diluita e pesata nel tempo del fumo proveniente dalla zona in cui sono state accese delle sigarette (*Sidestream Smoke* SS) e del fumo esalato dall'apparato respiratorio dei fumatori (*Mainstream Smoke* MS). L'ETS è formato da materiale in fase solida (particolato) e in fase gassosa; il principale costituente della parte gassosa e di circa la metà del particolato è comunque prodotto dalla sola combustione del tabacco (*Sidestream Smoke* SS).

Nella caratterizzazione dell'ETS, normalmente denominato "fumo passivo", le due fasi devono essere considerate separatamente. È bene ricordare che essendo l'ETS una miscela di sostanze "invecchiate", la sua composizione in funzione del tempo può limitare la capacità dei singoli componenti di reagire con l'aria e di subire processi di fotolisi (la nicotina si trova inizialmente quasi completamente sotto forma di particolato quando viene emessa dal fumatore, mentre nell'ETS per il 90% è in forma di vapore).

Proprio questa mutevolezza nella composizione rende non verosimile e quindi non rappresentativa, la simulazione di fumo passivo con la semplice combustione di sigarette all'interno di portaceneri. Da una analisi approssimata si può quantificare l'ETS come una miscela composta da circa 3000 sostanze diverse, tra le quali le più nocive risultano sicuramente essere: l'ossido di carbonio, gli idrocarburi aromatici policiclici (come il benzo(a)pirene), l'ammoniaca e le ammine volatili, l'acido cianidrico e gli alcaloidi del tabacco.

In tabella I sono riportate le principali sostanze e la loro concentrazione media presenti nell'ETS prodotto dalle sigarette, mentre per quello prodotto dai sigari i valori di concentrazione possono anche essere di un ordine di grandezza superiori.

Il particolato di ETS è formato essenzialmente di piccoli coaguli semi-liquidi. La caratterizzazione dei diametri delle particelle, influenzata dalle tecniche di misura, oscilla fra una media di 0.05 μm fino a 0.5 μm ; in ogni caso tutte le particelle presenti nell'ETS sono di diametro respirabile e di conseguenza si può fare riferimento alla quantità totale di particolato respirabile (ETS/RSP, *Respirable*

Suspended Particulate).

La fase gassosa dell'ETS è composta da gas formati dalla combustione e dalla pirolisi di materiali organici presenti nelle sigarette e dalla volatilizzazione diretta delle componenti del tabacco. Non tutte le sostanze gassose prodotte ed elencate in tabella 1 possono essere dei validi indicatori dell'ETS, in quanto molte di esse sono prodotte anche da altre sorgenti di inquinanti presenti all'interno e all'esterno degli ambienti.

Infatti, le sostanze più comunemente usate in passato come indicatori, quali CO e CO₂, possono essere presenti in alte concentrazioni nell'aria esterna (CO) o possono essere prodotte da fonti di inquinanti diverse dal fumo (in particolare la CO₂ è emessa dalle persone). L'altra sostanza molto usata come indicatore, la nicotina, è stata sostituita dal campionamento di un prodotto della sua pirolisi (la molecola 3-EP), ormai universalmente riconosciuta come un valido e affidabile indicatore dell'ETS in fase gassosa.

Anche il cadmio è indicato da alcuni ricercatori come un buon indicatore di presenza in ambiente di fumo di tabacco.

La determinazione del quantitativo di ETS presente sulla base dell'odore proveniente dalle sostanze prodotte, può essere valida solo per elevate percentuali di fumo in ambiente (ETS/RSP) oltre 400 µg/m³. Ma l'odore in sé è un indice altamente soggettivo che varia da persona a persona in funzione della personale sensibilità e quindi può essere avvertito anche a concentrazioni minime e risultare così fastidioso.

Un discorso analogo può essere fatto per le irritazioni prodotte dal fumo alle mucose nasali e agli occhi, che sono avvertibili a concentrazione ancora più alta (ETS/RSP > 700 µg/m³). Un parametro di misura, che ha riscontrato una buona corrispondenza con la concentrazione di ETS/RSP in ambiente, è il grado di accettabilità globale della qualità dell'aria presente (valore espresso statistico), espressa sia da persone soggiornanti in ambiente (più colpite da irritazioni) sia da visitatori (più sensibili agli odori).

3.13.1 Elenco delle sostanze rilasciate dalle sigarette (µg/sigaretta)

Tabella 1

RSP (particolato)	13700	Ammoniaca	4100
Solanesol (particolato)	410	Acetaldeide	2500
Scopoletin (particolato)	18	Ossido nitrico	1650
Catechol (particolato)	11	Nicotina	1590
CO	55100	Formaldeide	1330
Idrocarburi totali (con FID)	27800	Acetonitrile	1140
TVOC	19100	Acetone	1070
Isoprene	6200	Toluene	500
Benzene	280	m-Xilene	176
Limonane	269	Stirene	94
Piridina	218	Etilbenzene	80
Biossido	198	p-Xilene	63
o-Xilene	59	3-Etilpiridina	44
Miosmina	49	1 2 3-Trimetilbenzene	33
i 3 5-Trimetilbenzene	14	N-Propilbenzene	8
Isopropilbenzene	5		

Il fumo di tabacco ambientale, come già sopra citato (environmental tobacco smoke o ETS) è dunque una miscela complessa che contiene circa 3.800 composti. Le principali sostanze tossiche del fumo liberate nell'ambiente sono: il monossido di carbonio, gli idrocarburi aromatici policiclici (come il benzo(a)pirene), numerosi composti organici volatili, l'ammoniaca e 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. Gli effetti sulla salute derivanti dall'esposizione a fumo di tabacco ambientale possono essere così sintetizzati: il fumo passivo aumenta la frequenza di carcinoma polmonare nei soggetti non fumatori ed è stata segnalata la possibilità di associazione anche con altri tipi di tumore. Negli adulti sani esposti al fumo ambientale si possono evidenziare alterazioni dei test di funzionalità respiratoria. Dati epidemiologici suggeriscono un aumento del rischio di malattie cardiovascolari da esposizione a fumo passivo. Nei figli di fumatori è stata osservata una maggiore frequenza di: ricoveri

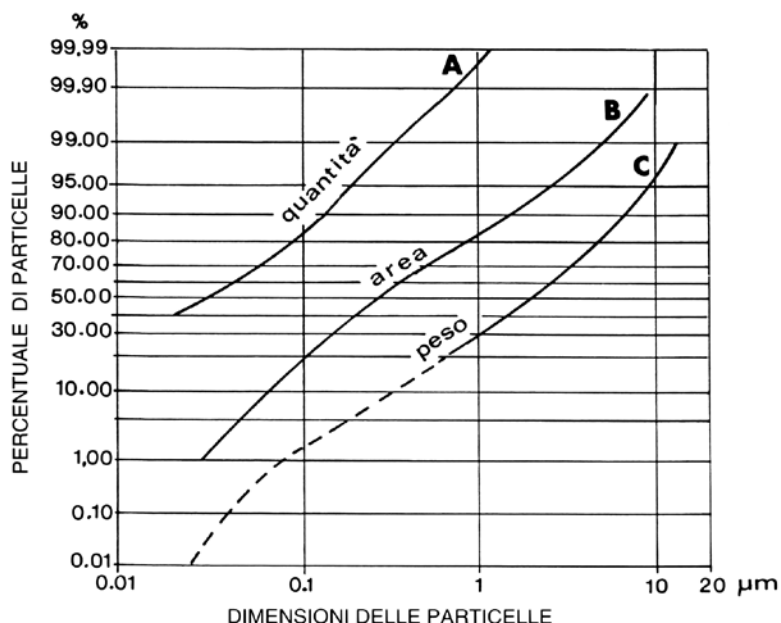
ospedalieri per episodi respiratori acuti nel primo anno di vita; infezioni broncopolmonari, bronchiti, tracheiti e laringiti nei primi due anni di vita, tosse cronica e catarro, alterazione dei parametri di funzionalità polmonare, otiti medie croniche. Alcuni gruppi di adulti risultano particolarmente suscettibili all'azione nociva del fumo passivo, in particolare asmatici, soggetti con ipersensibilità aspecifica, cardiopatici.

A causa di questi effetti il fumo di sigaretta rappresenta un rischio non solo per il fumatore attivo, ma per tutta la popolazione generale. È inoltre importante ricordare che è stato dimostrato un potente sinergismo nello sviluppo di patologie tumorali tra esposizione a fumo passivo ed a amianto o radon.

4 Le particelle

4.1 Le dimensioni e la loro distribuzione in aria

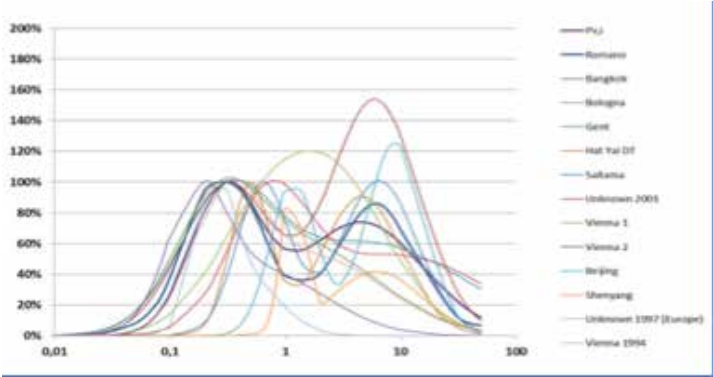
Nella figura si possono notare tre curve differenti: mostrano la distribuzione delle particelle secondo il loro numero (A), la loro area in proiezione (B), e il loro peso (C). Il grafico mostra come il 99,9% delle particelle presenti in aria abbia un diametro inferiore ad 1 μm pur rappresentando soltanto il 30% del peso totale. Le particelle superiori ad 1 μm sono soltanto lo 0,1 % in numero, ma rappresentano il 70% della massa totale.



La distribuzione delle polveri in base alla nuova normativa ISO 16890 (2016)

City/Location	Country	x	d _{50A}	σ _{gA}	d _{50B}	σ _{gB}	PM ₁₀ /PM _{2,5}	PM ₁₀ /PM ₁
Bangkok (Dindaeng)	TH	0,394	0,313871	2,477492	5,976707	2,467194	1,68	2,25
Bologna	IT	0,429	0,256483	2,372519	1,538046	4,424338	1,20	1,51
Chicago	US	0,394	0,191554	1,581592	1,170365	6,004688	1,29	1,65
Gent	BE	0,392	0,304094	2,561133	5,223020	6,853812	1,78	2,50
Hat Yai DT	TH	0,347	0,493679	1,487732	4,594632	2,243102	1,77	2,52
Saitama	JP	0,400	0,638001	1,691886	6,472713	2,169336	1,37	2,13
Urban 2001	KR	0,405	0,715734	2,200195	9,322209	6,000006	1,45	2,44
Vienna	AT	0,433	0,624508	2,752734	3,035012	2,871387	1,07	1,24
Vienna	AT	0,449	0,170345	1,788573	0,618734	3,590574	1,99	5,16
Beijing 1996	CN	0383	1,168979	1,581831	8,988024	1,799516	1,83	7,19
Shenyang 1996	CN	0,339	1,136409	1,234251	6,209888	2,481101	1,00	1,06
Urban 1997	DE	0,516	0,245966	1,449515	0,443017	2,008753	1,22	1,56
Vienna 1994	AT	0,425	0,314346	1,989409	1,808127	4,074517	1,68	2,25
ISO 16890-1 (this standard)		0,4	0,3	2,5	6,0	2,5	1,66	2,20

La distribuzione in dimensioni del aerosol in ambiente urbano di particelle per il calcolo delle efficienze di filtri in base PM1, 2,5, 10 e la conseguente classificazione ISO. (i parametri per Bangkok,arrotondato a un decimale, sono stati scelti come valori standard mondiali).



Rappresentazione grafica della distribuzione delle dimensioni delle particelle normalizzate utilizzando questo nuovo standard mondiale in relazione e confronto con esempi di distribuzioni normalizzate di particelle ambientali con dimensione selezionate dalla tabella precedente.

4.2 Dimensioni delle polveri

Area	Condizioni ambientali o zona	Concentrazione (mg/m ³)	Dimensione media (mm)	Dimensione max (mm)
Campagna	tempo umido	0,05	0,8	4
	tempo secco	0,15	2	25
Città	residenziale	0,4	7	60
	periferia	0,75	20	100
Industrie	industriale	3	60	1000

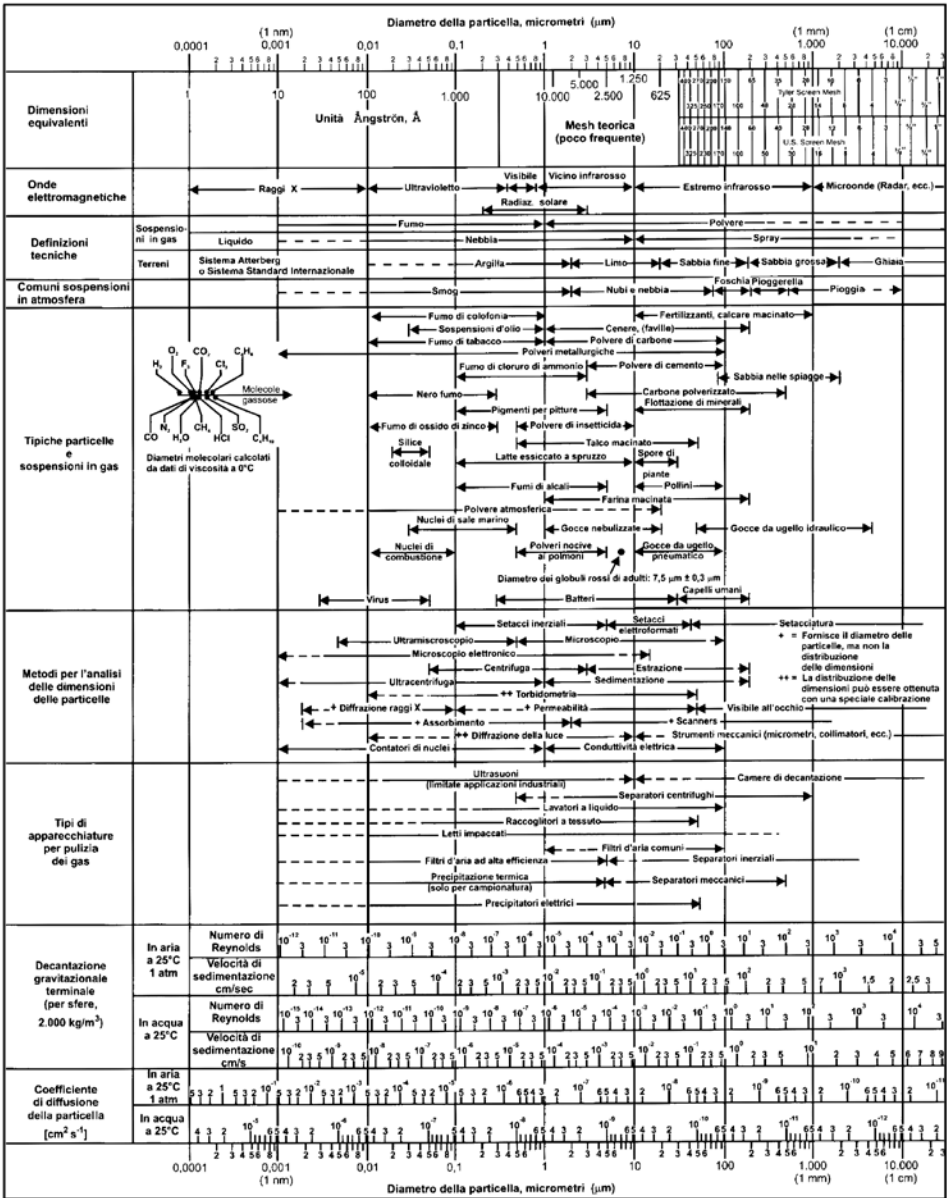
4.3 Distribuzione delle polveri (indicativa)

Dimensione (mm) (DM)	Concentrazione (N° particelle/m ³)	Percentuale in volume (%)
10-30	50.000	28
5-10	1.750.000	52
3-5	2.500.000	11
1-3	10.700.000	6
0,5-1	67.000.000	2
0-0,5	910.000.000	1

4.4 Caratteristiche delle particelle aerodisperse

Tabella riassuntiva

(ASHRAE - Handbook Fundamentals - 1997)



4.5 Concentrazioni tipiche degli inquinanti, loro sorgenti e rapporto tra le concentrazioni interne ed esterne negli ambienti indoor

Inquinanti	Sorgente interna	Sorgente esterna	Concentr. Interna	Rapporto int./Est.	Ambienti
monossido di carbonio	apparecchi con combustione, motori a scoppio, caldaie per riscaldamento difettose	processi industriali, traffico veicolare, processi di combustione	100 mg/kg 10-100 ppm	>>1	case, uffici, negozi, auto
particelle respirabili	fiamme libere, sigarette, spray, aerosol, fumi da cucina, condensazione sostanze volatili	combustione, frammentazione sostanze solide di origine minerale, vegetale, animale	0,1-0,7 mg/m ³	>>1	abitazioni, uffici, auto, ristoranti, bar, locali pubblici
vapori organici	combustioni solventi, gas scalda acqua, insetticidi, aerosol	/ /	na	>1	abitazioni, uffici, bar, ristoranti, locali pubblici, ospedali
biossido di azoto	combustione fornelli a gas scalda acqua essicatori sigarette	traffico veicolare	0,2-1 mg/m ³	>>1	abitazioni
biossido di zolfo	bruciatori per riscaldamento	riscaldamento, traffico veicolare	0,02 mg/m ³	<1	
particelle totali sospese senza fumatori	risospensione polveri, combustione impianti di riscaldamento	traffico veicolare, camini, venti	0,1-1 mg/m ³	1	abitazioni, uffici, ristoranti, mezzi di trasporto
solfati	fornelli, cucine		0,005 mg/m ³	<1	
formaldeide	particolari isolanti, resine, plastiche, finiture mobili	/ /	0,05-1 mg/kg	>1	abitazioni, uffici

Inquinanti	Sorgente interna	Sorgente esterna	Concentr. Interna	Rapporto int./Est.	Ambienti
radon	materiali edili, suolo, falde acquifere	/ /	0,1-200 nCi/m ³	>>1	cantine, abitazioni, palazzi
amianto	coibentazioni	/ /	<106 fibre m ³	1	case, scuole, uffici
fibre minerali e sintetiche	plastiche, tessuti, tappeti, tendaggi	frammentazione di sostanze solide	NA	/ /	case, scuole, uffici
biossido di carbonio	combustioni, respirazione umana e animale	/ /	3 g/kg	>>1	case, scuole, uffici
micro-organismi	persone, animali, insetti, piante, funghi, umidificatori, condizionatori, deumidificatori	pollini, batteri, virus	NA	>1	abitazioni, scuole, ospedali, pubblici uffici
ozono	fotocopiatrici, sorgenti luce uv, filtri elettrici	reazioni fotochimiche	0,02 mg/kg 0,2 mg/kg	>1 <1	aerei , uffici
nicotina	fumo di tabacco	/ /	0,05 mg/kg	>>1	abitazioni, uffici, locali pubblici

4.6 Radon e prodotti del suo decadimento

Il radon (Rn) è un gas nobile che ha tre isotopi radioattivi naturali (con masse atomiche di 219, 220 e 222) caratterizzati da tempi di dimezzamento rispettivamente pari a 3,96s, 55,6s e 3,82 giorni. A causa del suo maggior tempo di dimezzamento il radon 222 ed i prodotti del suo decadimento, cioè il polonio 210, il piombo 214, il bismuto 214 ed il polonio 214 sono le principali cause dell'esposizione al Rn. Le concentrazioni di Rn vengono misurate in nanocurie per metro cubo (nCi/m³), o in Becquerel per metro cubo (Bq/m³).

Il radon viene spontaneamente emesso dalle rocce che contengono radio. Il gas può diffondersi attraverso le porosità e le fessure dei materiali oppure essere trasportato dall'acqua e quindi entrare negli ambienti attraverso le fondazioni, le crepe o la fornitura idrica. Inoltre gli edifici costruiti con materiali che contengono radio possono diventare fonti autonome di radon.

I livelli di presenza negli ambienti dei prodotti del decadimento del radon sono funzione della concentrazione del radon stesso e vengono influenzati dai fenomeni di produzione e rimozione di questi materiali. Tuttavia gli ioni della progenie del radon possono venire intercettati dalle superfici interne - il fenomeno è noto come "plateout" - oppure depositarsi sugli aerosol presenti nell'aria. Generalmente una parte della progenie, variabile tra il 50 ed il 95%, si fissa sugli aerosol, parte dei quali può tuttavia uscire dagli ambienti attraverso il ricambio dell'aria. I livelli di radon riscontrabili all'esterno sono di solito nell'ordine del 10⁻¹ nCi/m³ che corrispondono a valori oscillanti tra il 10⁻³ e 10⁻⁴ WL. Sono stati tuttavia registrati casi limite nei quali la concentrazione di radon era superiore ai 50 nCi/m³ (circa 10⁻¹ WL).

Negli ambienti confinati sussiste la possibilità di esposizione a radiazioni ionizzanti a causa della presenza del radon. Il radon è un radionuclide naturale, presente sotto forma di gas inerte e come tale tende a diffondere in modo continuo attraverso la superficie terrestre; i suoi prodotti di decadimento, che sono alfa emittenti, aderiscono al particolato sospeso nell'aria costituendo una sorta di pulviscolo radioattivo che viene inalato e, quindi, può svolgere la sua azione nociva a livello delle vie respiratorie. Il principale rischio per la salute conseguente all'esposizione a radon è lo sviluppo di tumori al polmone; l'effetto biologico negativo è dovuto all'emissione di particelle alfa inalate che provocano un irraggiamento dell'epitelio bronchiale. Un'aumentata incidenza di tale patologia è stata riconosciuta per la prima volta in addetti a lavori in miniera e recentemente ne è stata valutata l'importanza anche nell'ambito della sanità pubblica. Negli Stati Uniti i dati sulla esposizione a radon della popolazione fanno stimare che tra 5.000 e 20.000 casi di cancro all'anno siano attribuibili all'esposizione a questo radionuclide.

4.7 L'aria come veicolo d'infezione

Una delle tematiche che negli ultimi vent'anni ha assunto una attenzione rilevante nell'ambito del-

la sanità pubblica è rappresentata dall'inquinamento dell'aria in ambienti confinati (*indoor pollution*). Numerosi sono i fattori che concorrono all'inquinamento indoor quali: tipo di contaminante e sua concentrazione in ambiente esterno (SO₂, O₃, NO₂, Pb ed altri metalli, particolati compresi in un range granulometrico fine quali i PM10 e PM2.5, sostanze organiche volatili, etc), presenza di fonti di contaminazioni indoor (umana: CO₂, CO, aldeidi, aerosol bronchiali, cottura di cibi, combustioni, fumo di tabacco, arredi, etc.), tasso di ricambio dell'aria tra interno ed esterno attraverso sistemi di ventilazione artificiale, impianti di climatizzazione.

E se per la maggior parte degli inquinanti indoor è ormai ampiamente riconosciuto l'impatto sulla salute dell'uomo, basti ricordare la *building related illness* (BRI) e la *sick building syndrome* (SBS), ancora dibattuta è invece l'importanza dell'aria come veicolo di microrganismi responsabili di infezioni.

Per quest'ultimo aspetto la gamma di bio-contaminanti presenti nell'ambiente confinato sotto forma di nuclei, goccioline, corpuscolato è estremamente vasta: microbi, virus miceti, artropodi, pollini etc. La provenienza di questi contaminanti è varia; per quanto attiene ai microbi un ruolo importante è rivestito dalla quota immessa naturalmente dall'aria esterna che, a seconda della condizione di purezza o meno, può variare notevolmente. Per esempio, uno studio effettuato in una grande stazione ha rilevato ben 3.000 batteri per litro d'aria.

Riserve pericolose di agenti microbici poi, sono rappresentate da quelle strutture caratterizzate dalla presenza di acqua per lo più stagnante: umidificatori, vaporizzatori, sistemi di raffreddamento e condizionamento. Esse, infatti, costituiscono altrettanti ambienti dove miceti, batteri, protozoi, etc. possono moltiplicarsi. Per le variabili ora accennate il rapporto fra ambiente interno ed esterno (I/O) relativo all'entità di biocontaminanti si presenta con valori estremamente variabili. Esso è con gran prevalenza superiore all'unità nel caso di contaminazione sostenuta da batteri e virus. Nel caso della contaminazione da batteri, in studi effettuati in Finlandia è stato trovato il rapporto I/O maggiore di 1 nel 90% delle 71 case di abitazioni, urbane e suburbane, controllate per un quinquennio. Le strutture comunitarie (scuole, collegi, uffici etc.) sono, sotto questo profilo, particolarmente critiche ed una buona ventilazione naturale, non meccanica, non può che sortire effetti positivi potendo indurre una riduzione fino al 70% dei valori iniziali. Le situazioni poi possono radicalmente cambiare quando intervengono sistemi di ventilazione forzata o di condizionamento. Di norma in ambienti correttamente ventilati e ben controllati igroscopicamente il carico di microinquinanti biologici, in particolare batteri e funghi, diminuisce sensibilmente. Di contro, nel caso di sistemi di ventilazione o condizionamento mal funzionanti o carenti dalla necessaria manutenzione, si realizza una concentrazione anomala di biocontaminanti.

In questi casi il rapporto ambiente naturalmente ventilato e ambiente climatizzato, assume valori anche sensibilmente inferiori all'unità. Altri studi hanno evidenziato una carica batterica

dell'aria prelevata in prossimità delle griglie di immissione in ambiente indoor del sistema di climatizzazione, da 2 a 10 volte più elevata rispetto a quella dell'aria esterna; in particolare effettuando i campionamenti al mattino, subito dopo la riattivazione del sistema di ventilazione rimasto fermo per tutta la notte, sono state riscontrate concentrazioni fungine nell'aria in uscita dai dotti di ventilazione mediamente del 78% più elevate di quelle dell'aria in entrata. La ventilazione, infine, anche se forzata, è comunque sempre necessaria se effettuata correttamente, infatti essa determina una netta diminuzione dei livelli interni di biocontaminanti, in particolar modo di spore fungine.

4.8 Indici di riferimento igienico-ambientali

I limiti di riferimento della contaminazione microbica indoor di uffici, abitazioni, ambienti civili in genere sono ancora soggetti a molte incertezze e nessun paese ha adottato limiti specifici al momento. Comunque la Commission of European Communities ha proposto delle linee guida per le quali per i batteri è considerato accettabile un limite di 500 ufc/m³ e per le muffe di 300 ufc/m³. Per ambienti più controllati, quali ad esempio le camere operatorie degli ospedali, esistono invece disponibili un maggior numero di studi e di riferimenti utilizzabili.

4.9 Inquinamento indoor “ospedaliero”

La sala operatoria è sempre stata considerata un ambiente “a rischio” sia per i pazienti che per gli operatori sanitari. Per garantire la sicurezza quindi è necessario intervenire con provvedimenti di vario genere a vario livello dal momento progettuale fino alla regolamentazione ed alla sorveglianza routinaria dell'attività. Uno dei fattori da tenere sotto controllo è rappresentato dall'aria.

La qualità dell'aria all'interno del comparto operatorio è legata, infatti, principalmente a due fattori di rischio: chimico e biologico. Per quest'ultimo rischio l'aria costituisce un importante veicolo di trasmissione di malattie infettive, soprattutto per i pazienti sottoposti ad interventi chirurgici, particolarmente suscettibili alle infezioni. Numerosi sono gli studi sulla contaminazione microbiologica dell'aria che hanno evidenziato una concentrazione batterica il più delle volte superiore agli standard ottimali per le sale operatorie ed in particolar modo in prossimità delle bocchette di ingresso dell'aria dagli impianti di climatizzazione. Con il DPR 14.1.97 sono state fornite indicazioni precise per quanto riguarda alcune caratteristiche delle sale operatorie. Più recentemente, l'ISPESL ha prodotto un documento “Linee guida per la definizione degli standard di sicurezza di igiene ambientale dei reparti operatori” che risulta essere molto più completo ed esaustivo per quanto riguarda i requisiti tecnici, impiantistici e tecnologico-strumentali, i requisiti igienico-ambientali, organizzativi e gestionali, nonché i controlli, le verifiche, le validazioni e il mantenimento degli impianti delle sale operatorie.

4.10 I limiti di riferimento

Le linee guida ISPESL, nel paragrafo 1.3 “impianto di ventilazione e condizionamento a contaminazione controllata”, enfatizzano l'importanza di mantenere adeguate condizioni igienico ambientali ovvero: condizioni termoigrometriche corrette per l'utente ed il personale e un'adeguata areazione dell'ambiente in grado di contenere le concentrazioni ambientali degli inquinanti gassosi, degli agenti biologici e del particolato totale areoportato al di sotto di limiti prefissabili mediante adeguata filtrazione dell'aria immessa. Per quanto riguarda le caratteristiche microbiologiche, l'ISPESL fa riferimento a standard tecnici utilizzati in diversi stati europei (Francia, Belgio, Gran Bretagna, Germania, Svizzera) inerenti i livelli massimi di biocontaminazione ammissibili in sala operatoria. L'ISPESL a tal proposito ritiene opportuno seguire quanto già stabilito nell'ambito del GISIO (Gruppo Italiano Studio Igiene Ospedaliera) e di utilizzare le indicazioni contenute nello specifico standard inglese *National Health Service*⁽⁷⁾ e nelle Norme ISO 14644⁽⁸⁾ e nell'Annex I of EU Guide to GMP⁽⁹⁾.

In particolare:

PUNTO	CONTAMINAZIONE MICROBICA (cfu/m ³)
ARIA AMBIENTE IN PROSSIMITÀ DEL TAVOLO OPERATORIO	
- a sala operatoria pronta	≤ 35
A SALA OPERATORIA IN ATTIVITÀ	
- a flusso turbolento	≤ 180
- a flusso laminare	≤ 20
ARIA IMMESSA DALL'IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE	< 1
SULLE SUPERFICI DELLA SALA OPERATORIA	
- delle pareti	≤ 0,5
- di piani di lavoro	≤ 0,5

MICROORGANISMI PERICOLOSI RILEVATI FREQUENTEMENTE NEI CANALI ED EFFETTI SULLA SALUTE DELL'UOMO (LEGGE 626/94)		
agente inquinante		effetti riscontrabili
Actinomiceti	Batteri unicellulari che si raccolgono in colonie filamentose	Affezioni respiratorie (alveolite allergica) e stati febbrili acuti
Legionella Pneumophila	Batteri	Polmoniti
Stachybotris, Fusarium, trichoderma	Muffe produttrici di tossine	Anoressia, astenia, nausea, lesioni gastrointestinali
Aspergillus Penicillium	Funghi	Aspergillosi, micosi polmonare e altre manifestazioni dannose per le vie respiratorie

VALUTAZIONE SULLA CONCENTRAZIONE DI MICROORGANISMI (Standard NADCA 1992-01)		
Microrganismo	Concentrazione (cfu/m³)	Giudizio
Miceti	> 50 ≤ 150 ≤ 300	Non accettabile se vi è una sola specie presente Accettabile se presenti più specie Accettabile se le specie presenti sono principalmente del genere Cladosporium o Phalloplane
Batteri *	< 50 50 - 100 101 - 500 501 - 2000 > 2000	Livello molto basso Livello basso Medio Livello alto Livello molto alto
* non necessariamente implica un rischio per la salute		

Valori di riferimento per polveri e microrganismi					
Fonte	Livello Polvere (g/m²)		Agente inquinante		
			Funghi (cfu/g)	Batteri (cfu/g)	
NADCA	Accettabilità	Accettabile	< 0,1	< 30.000	< 15.000
		Non accettabile	≥ 0,1	≥ 30.000	≥ 15.000
NYG	Rischio	Basso	< 0,2	< 1.000	< 6.000
		Medio	0,2 - 0,5	1.000 - 3.000	6.000 - 10.000
		Alto	> 0,5	> 30.000	> 10.000

Pertanto, in ambito ospedaliero, se non altro, il documento ISPESL fornisce un'efficiente strumento per sviluppare un razionale programma di controllo che ha nella prevenzione dei rischi, tra cui quello biologico, il suo punto di forza maggiore.

Purtroppo se questo è vero per la camera operatoria dell'ospedale, per le altre situazioni ambientali indoor, quali uffici ed abitazioni, la mancanza di una vera e propria normativa si ripercuoterà ancora per molto tempo sulle caratteristiche strutturali e tecnologiche di questi ambienti. Al momento infatti non esistono indicazioni legali per la metodologia del sistema di campionamento-analisi da impiegare, né indicazioni circa i valori di concentrazione batterica ambientale accettabile negli spazi di vita confinati. I valori contenuti nella tabella costituiscono comunque un utile riferimento, in particolare, per la ricerca in corso, il valore di concentrazione batterica dell'aria immessa in ambiente dall'impianto di climatizzazione.

5 La nuova norma UNI 11425:2011 per i blocchi operatori

Impianto di ventilazione e condizionamento a contaminazione controllata VCCC per il blocco operatorio - Progettazione, installazione, messa in marcia, qualifica, gestione e manutenzione. La nuova norma italiana per le camere operatorie, pubblicata nel 2011, ha come scopo quello di fornire le indicazioni necessarie per la progettazione, la realizzazione, il controllo delle prestazioni, l'accettazione, la gestione degli impianti e dei componenti che concorrono al controllo della contaminazione ambientale e al mantenimento di prefissate condizioni termoigrometriche nei reparti specificatamente destinati allo svolgimento di attività chirurgica, detti blocchi operatori. La norma si applica alle nuove installazioni e alle ristrutturazioni edilizie e/o impiantistiche dei blocchi operatori esistenti. Nel caso di installazioni esistenti, dovranno comunque essere verificate le condizioni minime di igiene e di sicurezza in base a quanto previsto dalla stessa norma alla voce "verifiche dell'impianto".

5.1 Classificazione dei livelli di pulizia dell'aria

Il livello di pulizia dell'aria da particelle in sospensione deve essere determinato per tutti gli ambienti e aree ritenute critiche in funzione del livello di rischio che l'attività chirurgica comporta e che viene dichiarato accettabile nel documento preliminare alla progettazione.

Gli ambienti di un blocco operatorio possono essere classificati nelle seguenti tre categorie a diverso livello di rischio:

1. Sale operatorie destinate a interventi chirurgici specialistici quali i trapianti di organi, l'impianto di protesi (vascolari, ortopediche, spinali, reti erniali, urologiche, ginecologiche), gli interventi di neurochirurgia e di oncologia complessa e altri interventi complessi di durata superiore a 60 minuti che richiedono elevatissima protezione dell'area a rischio (tavolo operatorio, tavolo porta strumenti e spazio operativo chirurgici);
2. Sale operatorie destinate a interventi chirurgici senza impianto di materiali estranei, ma che richiedono elevata protezione, quali gli interventi artroscopici, di chirurgia vascolare, neurochirurgia, di ostetricia (taglio cesareo), per cateterismi cardiaci e impianti di pacemakers, come altri interventi di chirurgia a bassa invasività;
3. Sale operatorie e locali a uso chirurgico per interventi di minore importanza e breve durata o per interventi su campo naturalmente contaminato, come quelli di chirurgia viscerale Day Surgery e urologia; come pure per i locali ove si manipolano o tengono in deposito i materiali sterili e tutti gli ambienti definibili a rischio nel documento preliminare alla progettazione.

Ciascuna di queste categorie deve trovarsi rispettivamente:

- 1. almeno in classe ISO 5
- 2. almeno in classe ISO 7
- 3. almeno in classe ISO 8

dove le classi sono individuate in funzione del numero massimo consentito di particelle totali di una certa sezione per m³ di aria in condizioni simulate di funzionamento operativo, fissate dal documento preliminare alla progettazione, (per le sale operatorie il riferimento è la dimensione 0,5 micron) secondo Uni EN ISO 14644.

5.2 Parametri ambientali nei blocchi operatori

Ambienti	Temperatura [°C]		Umidità relativa [%]		Sovra-pressione rispetto all'esterno [Pa] ⁽⁴⁾	Aria esterna [vol/h]	Aria di ricircolo [vol/h] ⁽³⁾	Classi di pulizia secondo UNI EN ISO 14644-1 ⁽²⁾	Livello di filtrazione finale	Livello di pressione sonora [dBA] ⁽¹⁾
	inverno	estate	inverno	estate						
Sale operatorie a elevatissima qualità dell'aria	≥20 ⁽¹⁾	≤24 ⁽¹⁾	≥40	≤60	20	15	SI	ISO 5	H 13/H 14	45
Sale operatorie a elevata qualità dell'aria					20	15	SI	ISO 7	H13	45
Sale operatorie a qualità dell'aria standard					15	15	NO	ISO 8	≥ H 12	45
Depositi sterili					20	6	NO	ISO 8	≥ H 12	40
Preparazione operandi	≥22	≤26	≥40	≤60	10	6	NO	—	F9/H10	40
Preparazione personale					5	6	NO	—	F9/H10	40
Risveglio operati					10	6	NO	—	F9/H10	40
Corridoio pulito/sterile					10	4	NO	—	F9/H10	40
Spazi filtro operandi					5	4	NO	—	F9/H10	40
Spazi filtro personale					10	4	NO	—	F9/H10	40
Substerilizzazione					5	6	NO	—	F9/H10	40

NOTE

(1) Salvo prescrizioni particolari specifiche

(2) Le classi sono individuate in funzione del numero massimo consentito di particelle totali di una certa sezione per m³ di aria rilevate in condizioni di teatro operatorio inattivo, (per le sale operatorie il riferimento è la dimensione 0,5 micron) secondo Uni EN ISO 14644

(3) Si faccia riferimento agli schemi funzionali riportati in appendice D

5.3 Limiti di esposizione a gas e vapori anestetici

Protossido di azoto (N ₂ O) atmosferico	Alogenati atmosferici	Frequenza di monitoraggio
< 100 ppm (TLV-TWA) *	non specificato	trimestrale
< 50 ppm (TLV-TWA) **	non specificato	trimestrale
< 25 ppm (TLV-TWA) ***	< 2 ppm (TLV-ceiling)***	trimestrale
* Sale operatorie vecchie (prima del 1989) ** Sale operatorie ristrutturate (prima del 1989) *** Sale operatorie nuove (dopo il 1989)		
TLV-TWA: (TLV - Threshold Limit Value, TWA - Time Weighed Average) rappresentano le concentrazioni medie degli inquinanti, presenti nell'aria dell'ambiente lavorativo, alle quali si presume, sulla base delle attuali conoscenze scientifiche, che la quasi totalità dei lavoratori possa trovarsi giornalmente esposta senza risentirne gli effetti genericamente nocivi.		

Numero di classe ISO (N)	Concentrazione massima consentita (particelle/m ³) per particelle uguali e superiori rispetto alla dimensione considerata ^a					
	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1 µm	5 µm
1	10 ^b	d	d	d	d	e
2	100	24 ^b	10 ^b	d	d	e
3	1000	237	102	35 ^b	d	e
4	10000	2370	1020	352	83 ^b	e
5	100000	23700	10200	3520	832	d, e, f
6	1000000	237000	102000	35200	8320	293
7	c	c	c	352000	83200	2930
8	c	c	c	3520000	832000	29300
9^g	c	c	c	35200000	8320000	293000

a: le concentrazioni nella tabella sono cumulative;

b: le concentrazioni comportano grandi volumi d'aria da campionare per la classificazione;

c: non sono applicabili dei limiti a causa delle alte concentrazioni;

d: classificazione non appropriata;

e: classificazione non appropriata a causa della perdita di particelle superiori a 1 µm nel sistema di campionamento;

f: per specificare questa dimensione per una classe ISO 5, si può utilizzare il descrittore M in associazione ad un'altra dimensione particellare;

g: questa classe è applicabile solo nello stato operativo

6 Indoor Air Quality (IAQ)

Il problema della qualità dell'aria negli ambienti interni (IAQ) è al centro dell'attenzione internazionale e oggetto di discussione per le implicite ripercussioni che ha nell'aspetto socio-sanitario di ogni nazione. Numerosi studi e ricerche svolti in tutto il mondo infatti, hanno evidenziato la presenza in tutti i comuni ambienti indoor di vita di molteplici agenti inquinanti nocivi per la salute degli occupanti.

Questi inquinanti aerodispersi sono prodotti dalla sempre più larga diffusione di nuovi prodotti per l'edilizia e per gli arredi. La combustione per usi domestici, l'uso di prodotti chimici per la pulizia, la tipologia dei locali e le caratteristiche del sito, l'inadeguata ventilazione, la presenza di fumo di tabacco e altre cause possono costituire importanti fattori di degrado della qualità dell'aria interna. Anche la riduzione dei ricambi d'aria, per ragioni di risparmio energetico, può elevare la concentrazione degli inquinanti presenti in aria oltre i livelli di tollerabilità. Durante l'ultimo secolo trascorso, è stato possibile osservare e registrare in molti paesi industrializzati del mondo il verificarsi di alcuni drammatici e significativi episodi di inquinamento atmosferico di tipo acuto che hanno chiaramente determinato un eccesso di tossicità se non addirittura di mortalità per l'uomo. Alla luce di questi fatti, negli ultimi anni e in tutto il mondo, una particolare attenzione è stata rivolta nei confronti di questa importante tematica.

Questa maggiore sensibilità ha portato, attraverso il controllo delle emissioni e l'imposizione di concentrazioni massime consentite, ad una significativa riduzione di alcuni contaminanti nell'ambiente atmosferico, soprattutto di origine industriale, ed a una percepibile inversione di tendenza per alcune patologie ad essi correlate. Inoltre, parallelamente a un relativo contenimento dell'inquinamento nell'aria dell'ambiente esterno (outdoor), negli ultimi anni è nata e si è sviluppata una presa di coscienza della comunità medico-scientifica internazionale che si occupa di sanità pubblica nei confronti del problema della contaminazione dell'aria negli ambienti confinati (indoor). In generale si definisce "inquinamento indoor" la "presenza nell'aria di ambienti confinati di contaminanti fisici, chimici e biologici non presenti naturalmente nell'aria esterna di sistemi ecologici aperti di elevata qualità" (Ministero dell'Ambiente, 1991). Dato che le persone trascorrono gran parte della loro vita quotidiana in luoghi chiusi (indoor), la qualità dell'aria presente in questi luoghi diventa quindi importante dal punto di vista sanitario.

La principale o, talvolta, l'unica fonte di esposizione a inquinanti aerodispersi è perciò rappresentata dalla contaminazione indoor. Naturalmente, la composizione dell'atmosfera (azoto, ossigeno, ecc.) è la stessa per l'aria esterna come per quella interna, ma la qualità e la quantità dei contaminanti degli ambienti chiusi possono essere assai diverse.

Il problema assume un'importanza ancora maggiore se si considera che vi sono alcune fasce della

popolazione molto più ricettive nei confronti degli inquinanti atmosferici (gli anziani, gli asmatici, bronchitici, gli enfisematosi, i bambini, i malati in genere). Questi soggetti, oltre che a vivere per larga parte del loro tempo in ambienti chiusi, hanno minori difese naturali per contrastare l'azione nociva di talune sostanze inquinanti presenti nell'aria che respirano.

Le ricerche inerenti la contaminazione degli ambienti confinati ed i suoi effetti sulla salute delle popolazioni cominciarono attorno all'inizio degli anni '70 quando, contemporaneamente con la crisi energetica legata alla crisi del Medio Oriente ed al suo impatto sul mercato del petrolio, si preferì favorire, per evitare sprechi energetici, la costruzione di strutture edilizie sempre più isolate rispetto all'ambiente esterno e quindi sempre meno capaci di favorire i naturali scambi di aria.

In particolare, la summenzionata crisi energetica ebbe come conseguenza la spinta al contenimento dei consumi energetici mediante:

- un migliore isolamento degli edifici (introduzione massiccia di isolanti spesso sintetici, eliminazione delle infiltrazioni d'aria dai serramenti),
- una riduzione della ventilazione (diminuzione degli standard minimi raccomandati)
- aumento del riciclo dell'aria interna senza opportuni sistemi di depurazione

I fattori che concorrono a determinare la concentrazione di un particolare contaminante indoor variano in relazione al tipo di contaminante. In particolare, la presenza e la concentrazione di un inquinante in un ambiente chiuso dipende generalmente dalla sua concentrazione nell'aria esterna immediatamente circostante, dalla presenza di fonti di contaminazione indoor, dal grado di ricambio dell'aria tra interno ed esterno, sia attraverso sistemi di ventilazione artificiale che attraverso il normale ricambio per mezzo delle fessure degli infissi, condizionato dai parametri meteorologici che possono influire variando la quantità d'aria scambiata tra interno ed esterno.

Anche i materiali che costituiscono l'edificio, l'arredamento e gli oggetti al suo interno possono agire sul livello di concentrazione dell'inquinante intervenendo nella sua emissione, dispersione e rimozione. In sintesi, all'interno degli ambienti confinati non industriali, alle diverse destinazioni d'uso degli spazi corrispondono problemi diversi. Per ciascuno di essi, il mantenimento di una elevata purezza dell'aria dipende dalla possibilità di controllo di più parametri quali:

- materiali di costruzione, gli impianti di riscaldamento, condizionamento e di ventilazione
- gli arredi fissi e mobili
- i rivestimenti (pavimenti, pareti, soffitti)
- la quantità e la qualità dell'aria di ventilazione
- i materiali usati per la manutenzione e la pulizia
- le modalità di uso degli spazi (stile di vita, di lavoro)
- la presenza di fumatori

L'eliminazione o la diluizione di questi contaminanti dipende essenzialmente dalla quota di ricam-

bio d'aria tra interno ed esterno.

In alcune espressioni di edilizia avanzata il grado di ricambio dell'aria durante la stagione invernale è pari alla metà di quanto sia in una costruzione tradizionale e può giungere, in costruzioni estremamente convenienti in termini di risparmio energetico, addirittura ad un ricambio di un decimo, rispetto a quello di un edificio tradizionale. Altre strutture, come case mobili, roulotte, prefabbricati, oltre ad un ricambio d'aria inferiore rispetto alle costruzioni convenzionali, hanno anche una minore cubatura e pertanto un'ulteriore capacità di concentrazione degli inquinanti. Altre costruzioni, coibentate con resine miste di urea e formaldeide sono oggi sotto osservazione perché rilasciano elevate quantità di formaldeide nell'ambiente interno.

Altri ambienti chiusi, nei quali la popolazione trascorre parte del suo tempo, sono rappresentati dai mezzi di trasporto quali automobile, autobus, treno, aereo. Tutti questi mezzi sono muniti di sistemi sia manuali sia automatici per permettere il ricambio dell'aria, ma bisogna considerare che, sebbene il ricambio dell'aria possa essere elevato, il numero di occupanti per volume d'aria è maggiore rispetto agli altri ambienti e che i materiali di cui sono costituiti i mezzi stessi possono rappresentare una particolare fonte di contaminazione. Un'altra fonte di esposizione, anche se occasionale e contenuta nel tempo, può essere rappresentata dal soggiorno in ambienti pubblici ed in locali (bar, ristoranti, supermercati) in cui il fumo di sigaretta può rappresentare un contaminante tra i più importanti. I principali inquinanti degli ambienti interni vengono suddivisi secondo l'origine prevalente.

Ogni fonte può generare inquinanti chimici, particolato e inquinanti biologici. Ogni singolo inquinante presente nell'ambiente interno può essere classificato in base al rapporto indoor/outdoor. Questo rapporto permette di classificare gli inquinanti secondo un'origine prevalentemente interna all'ambiente confinato quando il valore del rapporto è superiore all'unità, e secondo una provenienza principalmente esterna quando il valore è inferiore.

Il rischio per la salute legato alla contaminazione dell'aria è determinato dall'esposizione personale di ogni singolo individuo agli inquinanti e non dipende solo dalla concentrazione di questi nell'aria ambiente, ma dipende altresì dai tempi di permanenza del soggetto in questi ambienti.

Il rapporto causa-effetto è spesso difficile da stabilire in quanto i sintomi non sono specifici (aspecifici) e gli inquinanti responsabili dello stesso effetto possono essere più d'uno o addirittura la sinergia tra alcuni di essi. La patologia degli ambienti che soffrono di questo fenomeno è comunemente denominata SBS (Sick Building Syndrome), ovvero sindrome da edificio malato. Va ricordato, inoltre, che numerosi effetti possono manifestarsi anche grazie ad una contemporanea presenza di altri fattori, quali lo stress, le pressioni lavorative o le situazioni di disagio di origine stagionale. La risposta degli individui ad una stessa esposizione di un determinato inquinante ambientale va-

ria in funzione delle condizioni e dalla suscettibilità individuali. In pratica, l'esposizione umana ad inquinanti indoor è difficile da quantificare in quanto essa è legata alle variabili specifiche di ogni ambiente e di ogni soggetto e che il livello di inquinamento può essere estremamente variabile a seconda delle sorgenti presenti nell'edificio, della ventilazione e dalle abitudini degli occupanti. Nella classificazione degli effetti sulla salute umana derivanti dalla esposizione agli inquinanti indoor sono stati osservati:

- effetti respiratori
- effetti genotossici
- effetti irritativi su cute e mucose
- effetti sensoriali associati alla qualità dell'aria presente negli ambienti confinati
- effetti sul sistema nervoso
- effetti cardiovascolari
- effetti sistemici (fegato, sistema gastrointestinale, rene e sistema riproduttivo)
- infezioni e tossicosi da agenti biologici
- la "sick building syndrome"

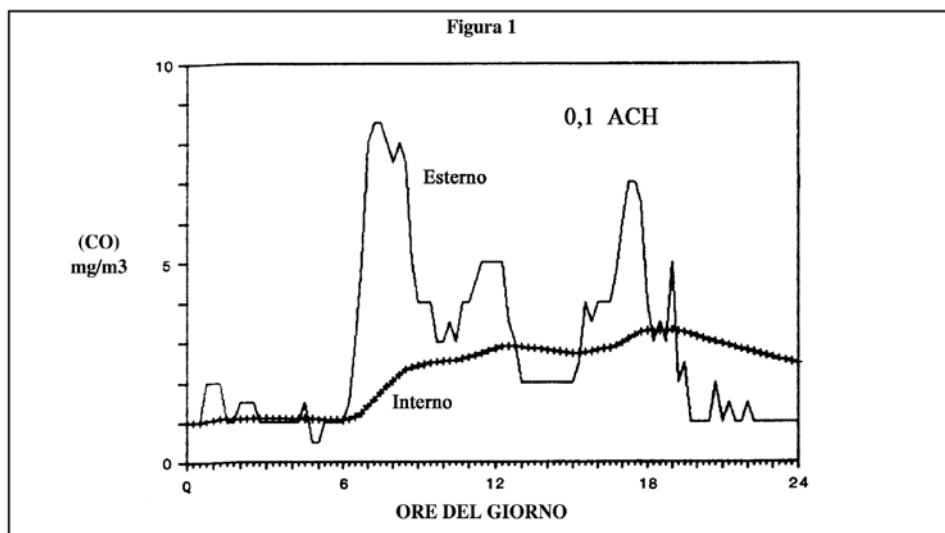
In una relazione della Commissione Nazionale per l'inquinamento degli ambienti confinati del 1991, il termine "sick building syndrome" viene utilizzato per definire "un edificio malato nel quale le persone che vi soggiornano lamentano patologie che possono essere messe in relazione con l'inalazione dell'aria in esso contenuta". L'Organizzazione Mondiale della Sanità, invece, definisce la SBS come una reazione al microclima che colpisce la maggior parte degli occupanti e che non può essere correlata con una causa evidente quale un'eccessiva esposizione ad un singolo agente o un difetto del sistema di ventilazione.

6.1 Elementi che influenzano la qualità dell'aria negli ambienti

La qualità dell'aria interna dipende da parecchi fattori. Una fonte interna che emetta contaminanti degrada la qualità dell'aria all'interno degli ambienti, aumentandone la loro concentrazione nel tempo. Comunque, immettendo negli ambienti aria esterna di migliore qualità, è possibile diminuirne la concentrazione ed incrementare così, le caratteristiche qualitative degli ambienti. La qualità dell'aria interna è influenzata dal tasso di scambio (ACH) tra essa e l'aria esterna, dal suo stato d'agitazione e dalle caratteristiche specifiche dei contaminanti presenti. Per complicare ulteriormente la situazione, due o più di questi fattori possono agire contemporaneamente rendendo così non facilmente comprensibile l'influenza di ciascuno di essi sulla qualità dell'aria contenuta nell'ambiente. Una chiara comprensione del modo con il quale questi ed altri fattori possano influenzare la qualità dell'aria interna può mettere in grado il progettista di sviluppare un progetto efficace ed efficiente per la verifica della qualità dell'aria negli ambienti.

6.2 Come viene influenzata la qualità dell'aria negli ambienti

Le concentrazioni esterne dei contaminanti influenzano le concentrazioni interne di questi ultimi. Nella figura 1 sono tracciati i grafici delle concentrazioni interne ed esterne dello stesso contaminante (CO) in funzione del tempo. Non appena la concentrazione esterna di ossido di carbonio (CO) aumenta da 1 a 9 mg/m³ a causa del traffico veicolare locale, anche la sua concentrazione interna aumenta, anche se cresce con una velocità minore di quella con la quale cresce la concentrazione esterna. Inoltre la concentrazione interna di CO raggiunge il suo massimo qualche tempo dopo che la concentrazione esterna ha raggiunto il suo valore di picco. Similmente quando la concentrazione esterna decresce, anche quella interna ha un comportamento analogo, ma caratterizzato ancora una volta da una velocità inferiore. Si può quindi dire che le pareti dell'edificio abbiano un effetto ammortizzante o schermante per quanto riguarda il massimo livello raggiunto dalla concentrazione interna. Tale effetto è tuttavia provvisorio, perché nel caso in cui la concentrazione esterna si stabilizzasse su un valore costante, il valore della concentrazione interna lo eguaglierebbe dopo un certo lasso di tempo.

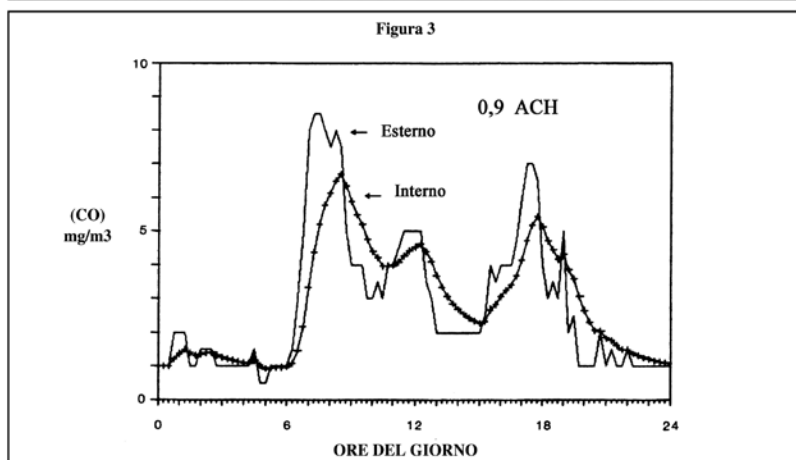
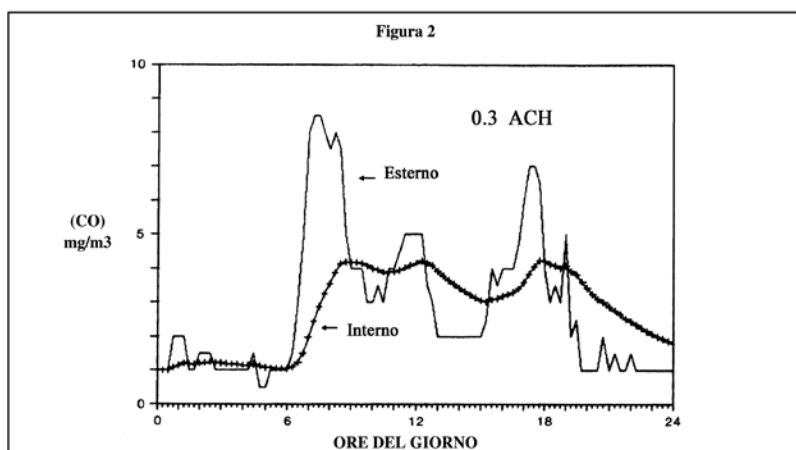


6.3 Tasso di ricambio dell'aria

Il tasso di ricambio dell'aria (ACH) governa la velocità con la quale la concentrazione interna di un contaminante aumenta o diminuisce in risposta ad una variazione della concentrazione esterna dello stesso contaminatore. Il tasso di ricambio dell'aria è definibile come il rapporto con il quale l'aria interna è sostituita dall'aria esterna. Tale rapporto è espresso in termini di volume d'aria scambiato per unità di tempo.

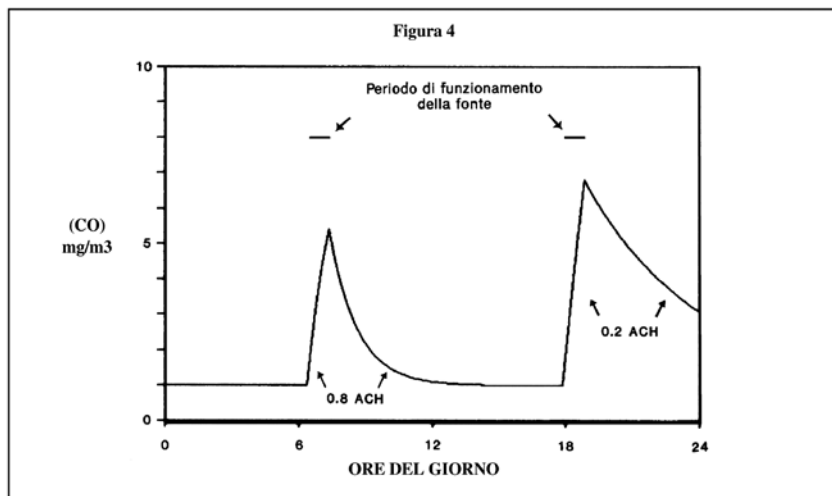
A sua volta il volume dell'aria scambiata viene comunemente misurato in volumi dell'ambiente, mentre l'ora è considerata come unità di tempo.

In questo modo per un locale che abbia un volume di 200 m^3 e nel quale entrino $50 \text{ m}^3/\text{h}$ di aria esterna per sostituire un'eguale quantità d'aria ambiente, il tasso di ricambio è quantizzabile in 0,25 ricambi d'aria all'ora (0,25 ACH).



Il tasso di ricambio d'aria considerato nella figura 2 è pari a 0,3 ACH. Nel caso in cui il valore del tasso di ricambio sia pari a 0,9 ACH (come nella figura 3), il valore della concentrazione interna segue in modo più rapido il valore della concentrazione esterna. Con un tasso di ricambio più basso (per esempio 0,1 ACH) gli aumenti e le diminuzioni della concentrazione interna diventano assai più lenti (figura 1). Ovviamente i valori delle concentrazioni esterne ai quali sono riferite le figure 2 e 3 sono identici ai valori ai quali è riferita la figura 1. Il tasso di ricambio dell'aria influenza anche il tempo necessario alla diminuzione della concentrazione di un contaminante interno. Analogamente al caso della concentrazione del contaminante esterno che influenza la sua concentrazione interna (figure 2, 3), il tasso di ricambio dell'aria determina la velocità di diminuzione della concentrazione di un contaminante interno.

La figura 4 mostra l'impatto di due differenti tassi di ricambio dell'aria sulla concentrazione in ambiente di CO dovuta a due identici episodi (60 minuti cadauno) di funzionamento di un fornello a gas. Con un tasso di ricambio dell'aria pari a 0,8 ACH le misure effettuate mostrano come la concentrazione di picco del contaminante si riduca della metà dopo un'ora circa. Invece viceversa, il periodo necessario per una simile diminuzione con un tasso di ricambio di 0,2 ACH è circa di tre volte maggiore.



Il ricambio d'aria in un ambiente dovrebbe essere considerato da tre differenti punti di vista: infiltrazioni, ventilazione naturale e ventilazione meccanica. Una differenza di pressione tra l'interno e l'esterno dell'ambiente è da ritenersi responsabile delle infiltrazioni d'aria che si verificano con porte e finestre chiuse. La ventilazione naturale è perciò riferita all'aria che entra o esce dall'ambiente attraverso porte e/o finestre lasciate aperte.

Viceversa la ventilazione meccanica è da intendersi come lo scambio d'aria tra ambiente interno ed esterno causata da un ventilatore o da un sistema comunque motorizzato. La ventilazione locale, infine, è effettuata solo in alcune parti dell'edificio, come nel caso degli aspiratori installati nei servizi.

Nel caso dell'infiltrazione la differenza di pressione può essere causata dalla differenza di temperatura tra ambiente ed esterno, da manifestazioni di ventosità oppure da entrambi i fattori.

Durante la stagione invernale la differenza di temperatura tra interno ed esterno provoca l'innalzamento dell'aria calda presente in ambiente, che causa l'uscita della stessa dalla parte alta della struttura e il rientro dell'aria fredda dalla parte più bassa. Il risultato è un "effetto camino" che tende ad aumentare l'infiltrazione. L'opposto accade durante la stagione estiva. Il vento che soffia sulle pareti dell'edificio, crea invece delle sacche di sovrappressione tra le parti sopra vento e le parti sotto vento che combinano con l'effetto camino, causando così un aumento ulteriore dell'infiltrazione.

* Da: *"La qualità dell'aria"* N.L.Nagda, H.E.Rector, M.D.Koont

7 Normative e standard internazionali e nazionali per la qualità dell'aria

7.1 Unità di misura

La concentrazione di gas nell'aria è spesso espressa come parti per milione (ppm) o parti per miliardo (ppb), in volume, oppure in massa per unità di volume, generalmente misurata in microgrammi per metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) o in milligrammi per metro cubo (mg/m^3) con le seguenti conversioni: $\text{ppb} \times \text{massa molecolare} / 24,45 = \mu\text{g}/\text{m}^3$; $\text{ppm} \times \text{massa molecolare} / 0,02445 = \mu\text{g}/\text{m}^3$; $\text{ppb} \times \text{massa molecolare} / 24450 = \text{mg}/\text{m}^3$; $\text{ppm} \times \text{massa molecolare} / 24,45 = \text{mg}/\text{m}^3$

L'unità di misura per la dimensione delle particelle in sospensione è il diametro medio espresso in micrometri (μm). Il termine micron è sovente usato in modo equivalente.

7.2 Le indicazioni di OMS

L'Organizzazione mondiale della sanità (Oms) sollecita ed impegna i Governi di tutto il mondo a migliorare la qualità dell'aria ambiente, al fine di proteggere la salute delle persone. Tale impegno arriva con la pubblicazione delle nuove Linee guida sulla qualità dell'aria, che propongono standard sensibilmente più bassi sui livelli degli inquinanti in precedenza proposti. L'Oms ritiene che diminuendo il livello di un particolare tipo di inquinante (polveri PM10) si potrebbe ridurre la mortalità del 15% all'anno. Le linee guida inoltre abbassano notevolmente i limiti raccomandati per l'ozono e il biossido di zolfo.

Le Linee guida per la qualità dell'aria per la prima volta si rivolgono a tutti i Paesi del mondo e forniscono obiettivi uniformi per la qualità dell'aria. Questi obiettivi sono molto più severi degli standard nazionali in vigore in molte parti del mondo, e in alcune città significherebbero una riduzione di più di tre volte dell'attuale livello di inquinamento.

Le ultime stime datate 2016 dicono che l'inquinamento dell'aria causa quasi 13 milioni di morti premature a livello mondiale ogni anno. Più della metà di queste morti avvengono nei Paesi in via di sviluppo. In molte città i livelli medi annuali di PM10 e di PM2,5 (combustione di materiali fossili e altri tipi di carburanti) eccedono di molto il limite per metro cubo.

Riducendo il particolato entro i limiti proposti per metro cubo, come stabilito nelle nuove linee guida, si potrebbe appunto arrivare a una riduzione della mortalità considerevole. Se i governi nazionali portassero i livelli di inquinamento entro tali limiti, si avrebbe inoltre, una diminuzione dell'incidenza delle malattie dovute a infezioni respiratorie, delle malattie cardiache e dei tumori al polmone.

Inoltre, azioni volte alla diminuzione dell'inquinamento atmosferico contribuirebbero a un calo nelle emissioni di gas che influiscono sui cambiamenti climatici, fornendo così altri benefici alla salute. Considerando l'evidente e crescente impatto che l'inquinamento atmosferico ha sulla salute, l'Oms ha rivisto le già esistenti Linee guida per la qualità dell'aria per l'Europa (AQGs) e le ha ampliate per produrre le prime indicazioni applicabili a livello mondiale. Queste, alla cui stesura hanno partecipato più di 80 scienziati, sono basate sulla più recente letteratura scientifica disponibile e definiscono obiettivi per la proteggere la salute della maggioranza delle persone dagli effetti dell'inquinamento. L'Oms spera che le nuove direttive sulla qualità dell'aria divengano parte delle leggi nazionali.

Molti Paesi non hanno ancora una regolamentazione sull'inquinamento atmosferico, e ciò rende quasi impossibile controllare questo importante fattore di rischio per la salute. Gli standard nazionali esistenti variano significativamente e non assicurano una garanzia sufficiente. Mentre l'Oms comprende la necessità dei singoli Governi di stabilire standard nazionali in base alle proprie particolari circostanze, queste Linee guida forniscono indicazioni sui livelli di inquinamento entro i quali il rischio per la salute è minimo e danno ai diversi Paesi le basi per poter definire le proprie politiche basandosi su solide evidenze scientifiche.

L'inquinamento atmosferico, sotto forma di particolato di biossido di zolfo, ozono e biossido di azoto, ha un forte impatto sulla salute. Per esempio, nell'Unione Europea il solo particolato più fine (PM_{2,5}) causa una perdita di aspettativa di vita di circa 8,6 mesi. Anche se il particolato è considerato il principale fattore di rischio dell'inquinamento atmosferico per la salute umana, le nuove Linee guida raccomandano un limite giornaliero più basso per l'ozono, passando da 120 a 100 microgrammi per metro cubo. Il raggiungimento di questi livelli sarà una sfida per molti Paesi, soprattutto per quelli in via di sviluppo, e in particolare quelli con molti giorni di sole, momento in cui le concentrazioni di ozono raggiungono i valori massimi, causando problemi respiratori e attacchi di asma.

Per il biossido di zolfo, le linee guida abbassano il livello da 125 a 20 microgrammi per metro cubo: l'esperienza ha dimostrato che anche semplici azioni ne possono far diminuire rapidamente i livelli, con conseguenze immediate sul tasso di mortalità e di morbidità infantile. I livelli del biossido di azoto, invece, rimangono invariati. Tuttavia rispettare questi limiti è importante soprattutto in quelle zone in cui il traffico è intenso. Le Linee guida propongono obiettivi progressivi e rappresentano una pietra miliare nel raggiungimento di una migliore qualità dell'aria.

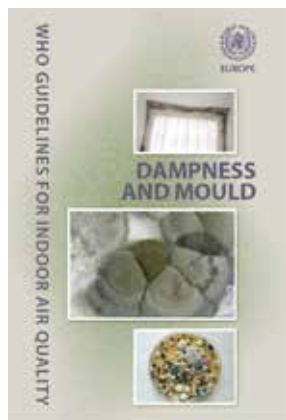
(da "Portale dell'epidemiologia per la sanità pubblica a cura del Centro nazionale di epidemiologia, sorveglianza e promozione della salute dell'Istituto superiore di sanità")

I valori guida proposti dall'OMS indicano i livelli di concentrazione nell'aria degli inquinanti associati ai tempi di esposizione, al di sotto dei quali non sono attesi effetti avversi per la salute, secondo le

evidenze scientifiche disponibili. Per il particolato aerodisperso sono forniti valori guida, ma secondo lo IARC (agenzia internazionale per il cancro di OMS) le polveri in ambiente vengono classificate in classe 1 e cioè **sicuramente cancerogene per l'uomo**.

Tab.1: Valori guida di qualità dell'aria per PM10, PM2,5, NO2, SO2 e Ozono indicati dall'OMS

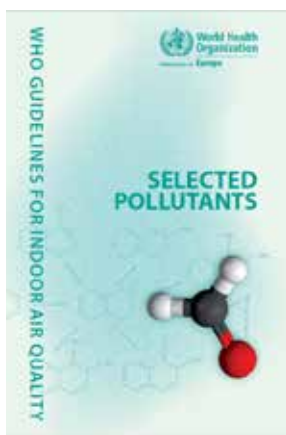
	Guidelines PM _{2,5} : 10 µg/m³ annual mean 25 µg/m³ 24-hour mean PM ₁₀ : 20 µg/m³ annual mean 50 µg/m³ 24-hour mean	Particelle
	Guidelines O ₃ : 100 µg/m³ 8-hour mean	Ozono
	Guidelines NO ₂ : 40 µg/m³ annual mean 200 µg/m³ 1-hour mean	Biossido azoto
	Guidelines SO ₂ : 20 µg/m³ 24-hour mean 500 µg/m³ 10-minute mean	Biossido zolfo



Linee guida dell'OMS per la qualità dell'aria interna: umidità e muffa

Le sostanze microbiologiche sono un elemento chiave di inquinamento dell'aria interna. Centinaia di specie di batteri e funghi, in particolare funghi filamentosi (muffe), la cui proliferazione è facilitata dall'umidità.

Questo documento fornisce una revisione globale delle evidenze scientifiche sui problemi di salute associati ad eccessi di umidità e agenti biologici. La revisione conclude che i più importanti effetti sono aumentati, in prevalenza sintomi respiratori, allergie e asma, nonché perturbazione del sistema immunologico. Il documento riassume anche le informazioni disponibili sulle condizioni che determinano la presenza di muffe e le misure per controllare la loro crescita in ambienti chiusi. Le linee guida dell'OMS per la tutela della salute pubblica sono formulate sulla base di questa revisione. I più importanti mezzi per evitare effetti negativi sulla salute sono la prevenzione (o riduzione al minimo) di umidità persi-stente e la crescita microbica su superfici interne e strutture edilizie.



Linee guida dell'OMS per la qualità dell'aria interna: inquinanti selezionati

Questo libro presenta le linee guida dell'OMS per la protezione della salute pubblica da rischi dovuti ad un certo numero di sostanze chimiche comunemente presenti nell'aria interna. Le sostanze considerate in questa recensione, ossia il benzene, il monossido di carbonio, formaldeide, naftalene, biossido di azoto, idrocarburi policiclici aromatici (soprattutto benzo[a]pirene), radon, tricloroetilene e tetracloroetilene hanno fonti interne, sono noti per la loro pericolosità per la salute e sono spesso trovati in in ambiente indoor in concentrazioni preoccupanti per la salute. Le linee guida sono rivolte a professionisti della salute pubblica coinvolti nella prevenzione dei rischi per la salute in ambiente, così come specialisti e autorità coinvolte nella progettazione e uso di edifici, materiali interni e prodotti. Essi forniscono una base scientifica per leggi e norme applicabili.

Tab.2: stime dei rischi relativi per alcuni effetti sulla salute associati ad un aumento di 10 µg/m³ delle concentrazioni medie giornaliere di particolato aerodisperso di diametro inferiore a 10 µm (PM10) e di diametro inferiore a 2.5 µm (PM2.5), indicate dall’OMS *

Effetto sulla salute	Rischio Relativo per il PM2.5 (LC 95%)	Rischio Relativo per il PM10 (LC 95%)
Uso di broncodilatatori		1.0305 (1.0201 – 1.0410)
Tosse		1.0356 (1.0197 – 1.0518)
Sintomi a carico delle basse vie respiratorie		1.0324 (1.0185 – 1.0464)
Modificazioni del PEF (rispetto al valore medio)		-.13% (-.17% – -.09%)
Ricoveri per patologia respiratoria		1.0080 (1.0048 – 1.0112)
Mortalità generale	1.015 (1.011 - 1.019)	1.0074 (1.0062 – 1.0086)

*** WHO – Update and revision of air quality guidelines (<http://www.who.dk/eh/pdf/airqual.pdf>)**

**Tab.3: effetti acuti da smog fotochimico a seconda delle concentrazioni massime giornaliere (medie orarie) di ozono.
Le previsioni, derivanti da studi tossicologici, clinici ed epidemiologici, si riferiscono a bambini e giovani adulti non fumatori.**

Livello di ozono (µg/m³)	Irritazione di occhi, naso e gola	Diminuzione media del FEV1 in individui attivi all’aperto il 10% più sensibile della popolazione	Risposta in termini di infiammaziuone, o riduzione della clearance bronchiale o di broncocostrizione in individui che eseguono attività fisica all’aperto	Sintomi respiratori (soprattutto negli adulti)	Entità dei disturbi
<100	Nessun effetto	Nessuna	Nessuna	Nessuno	- - -
200	In poche persone sensibili	5%	Lieve	Oppressione toracica, tosse	Lievi
300	<30% della popolazione	15%	Moderata	Aumento dei sintomi	Moderati
>400	<50% della popolazione	25%	Grave	Ulteriore aumento dei sintomi	Gravi

7.3 La normativa italiana

La legislazione nazionale sull'inquinamento atmosferico ha origine con la legge 615 del 1966 "Provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico", a cui sono seguiti Decreti del Presidente della Repubblica (DPR) e Decreti Ministeriali (DM). Si tratta di un complesso legislativo non organico e articolato in modo difforme.

La tab.4 presenta i valori limite di qualità dell'aria (ovvero i limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni ed i limiti massimi di esposizione) per i principali inquinanti secondo il DPCM 28/3/83 e il DPR 20/3/88.

La tab.5 riporta i livelli (concentrazioni e relativi tempi di mediazione) di "attenzione" e di "allarme" fissati per alcuni inquinanti in ambito urbano. Al raggiungimento di tali valori devono seguire provvedimenti da parte dell'autorità competente (Sindaco). Tali valori sono istituiti da due Decreti Ministeriali: il Decreto "Spini" (DM 15/4/94) e il Decreto "Matteoli" (DM 25/11/94). Il DM 25/11/94 fissa inoltre gli obiettivi di qualità (ovvero quei valori medi annuali di riferimento da raggiungere e rispettare a partire da una determinata data) per tre inquinanti non considerati nelle precedenti normative, e cioè PM10, benzene e benzo-A-pirene. Tali obiettivi di qualità sono riportati nella tab.6. Infine, la tab.7 riporta una serie di valori di riferimento relativi all'ozono, come fissati dal DM 16/5/1996 (noto come Decreto "Ozono"), recepimento della Direttiva Europea 92/72/EEC.

Tab.4: Valori limite di qualità dell'aria per alcuni inquinanti (DPCM 28/3/83 e DPR 203/88)

SO ₂	(50° pc delle medie di 24 ore nel periodo dal 1/4 al 31/3) 80 µg/m ³
SO ₂	(50° pc delle medie di 24 ore nel periodo dal 1/10 al 31/3) 130 µg/m ³
SO ₂	(98° pc delle medie di 24 ore nel periodo dal 1/4 al 31/3) 250 µg/m ³
NO ₂	(98° pc delle medie di 1 ora nel periodo dal 1/4 al 31/3) 200 µg/m ³
O ₃	(conc. media 1 ora da non superare più di una volta al mese) 200 µg/m ³
CO	(media di 1 ora) 40 mg/m ³
CO	(media di 8 ore) 10 mg/m ³
PTS	(media delle medie di 24 ore nel periodo dal 1/4 al 31/3) 150 µg/m ³
PTS	(95° pc delle medie di 24 ore nel periodo dal 1/4 al 31/3) 300 µg/m ³

Tab.5: Decreto “Matteoli” (DM 25/11/94). Obiettivi di qualità per PM10, Benzene e IPA con riferimento a benzo-a-pirene

Periodo	PM10	Benzene	IPA
Dal 1/1/96 al 31/12/98	60 µg/m ³	15 µg/m ³	2.5 ng/m ³
Dal 1/1/99	40 µg/m ³	10 µg/m ³	1 ng/m ³

Tab.6: Decreto “Ozono” (DM 16/5/96). Soglie di protezione per l’inquinamento da ozono

Soglia di protezione della salute	conc. media 8 ore	110 µg/m ³
Soglia di protezione della vegetazione	conc. media 1 ora	200 µg/m ³
Soglia di protezione della vegetazione	conc. media 24 ore	65 µg/m ³
Soglia di attenzione/allarme		vedi DM 15/4/94

Tab.7: Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e limiti massimi di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno

STANDARD DI QUALITÀ (DPCM 28-03-83)			
Inquinanti	Concentrazione max ammissibile per un determinato tempo di esposizione	µg/m³	ppm
Biossido di zolfo, SO ₂	Media delle concentrazioni medie di 24m rilevate nell'arco di 1 anno	80	0,031
Particelle sospese	P98 delle concentrazioni medie di 24 h rilevate nell'arco di 1 anno Media delle concentrazioni medie di 24 h rilevate nell'arco di 1 anno P95 delle concentrazioni medie di 24 h rilevate nell'arco di 1 anno	250 150 300	0,096
Biossido di azoto, NO ₂	Concentrazione media di 1 ora da non superare più di una volta al giorno	200	0,106
Monossido di carbonio CO	Concentrazione media di 8 ore Concentrazione media di 1 ora	10000 40000	8734 34936
Piombo	Media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate in un anno	2	
Fluoro	Concentrazione media di 24 ore Media delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate in un mese	20 10	
Idrocarburi totali escluso il metano, C	Concentrazione media di 3 ore consecutive in periodo del giorno da specificarsi secondo le zone a cura delle autorità regionali competenti	200	
VALORI LIMITE DI QUALITÀ DELL'ARIA (DPR N. 203 DEL 24-05-88)			
Inquinanti	Valore limite	Periodo di riferimento	
Biossido di zolfo, SO ₂	Media delle concentrazioni medie di 24 h nell'arco di 1 anno: 80 mg/m³ P98 concentrazioni medie di 24 h rilevate nell'arco di 1 anno: 250 mg/m³ Media delle concentrazioni medie rilevate durante l'inverno: 130 mg/m³	1° aprile - 31 marzo 1° aprile - 31 marzo 1° ottobre - 31 marzo	
Biossido di azoto, NO ₂	P98 concentrazioni medie di un'ora rilevate durante l'anno: 200 mg/m³	1° gennaio - 31 dicembre	
VALORI GUIDA DI QUALITÀ DELL'ARIA (DPR N. 203 DEL 24-05-88)			
Inquinanti	Valore limite	Periodo di riferimento	
Biossido di zolfo, SO ₂	Media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno: da 40 a 60 mg/m³ Valore medio delle 24 ore: da 100 a 150 mg/m³	1° aprile - 31 marzo dalle 00 alle 24 di ciascun giorno	
Biossido di azoto, NO ₂	P50 concentrazioni medie di un'ora rilevate durante l'anno: 50 mg/m³ P98 concentrazioni medie di un'ora rilevate durante l'anno: 135 mg/m³	1° gennaio - 31 dicembre	
Particelle sospese PTS	Media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno: da 40 a 60 mg fumo nero equivalente/m³ Valore medio delle 24 ore: da 100 a 150 mg fumo nero equivalente/m³	1° aprile - 31 marzo dalle 00 alle 24 di ciascun giorno	

P50 - P95 - P98: rappresentano rispettivamente il 50, 95, 98 percentile, definito come serie di valori che dividono la frequenza totale in cento parti uguali.

Tab.8: Livelli di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici

Allegato 1 del DM 25-11-94

Inquinante		Livello di attenzione	Livello di allarme
Biossido di zolfo (media giornaliera)	[µg/m³]	125	250 (1)
Particelle ~ totali (media giornaliera)	[µg/m³]	150 (2) (3)	300 (2) (3)
Biossido di azoto (media giornaliera)	[µg/m³]	200	400
Monossido di carbonio (media giornaliera)	[mg/m³]	15	30
Ozono (media giornaliera)	[µg/m³]	180 (4)	360 (4)
(1) Ai sensi del DPR 203/88 il limite di 250 µg/m³ non può essere superato per più dei 2% delle misure valide su base annua e si devono prendere tutte le misure atte ad evitare il superamento di questo valore per più di 3 giorni consecutivi. (2) I valori delle concentrazioni di particelle sospese totali, misurate in modo non automatico con metodo gravimetrico, concorrono alla determinazione degli stati di attenzione e di allarme e ai conseguenti provvedimenti da adottare, compatibilmente con i tempi necessari per il completamento delle operazioni di prelievo e di misurazione. (3) Questi valori corrispondono ai valori fissati come standards di qualità nel DPCM 28.3.1983. (4) Questi valori corrispondono rispettivamente alla soglia per l'informazione alla popolazione e alla soglia di allarme previste dalla direttiva 92/72/CEE sull'inquinamento dell'aria provocato dall'ozono.			

8 Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa

Publicato nella Gazzetta Ufficiale n. 216 del 15 settembre 2010 Suppl. Ordinario n. 217

1. Biossido di zolfo

	Protezione della salute umana	Protezione della vegetazione
Soglia di valutazione superiore	60% del valore limite sulle 24 ore (75 µg/m³ da non superare più di 3 volte per anno civile)	60% del livello critico invernale (12 µg/m³)
Soglia di valutazione inferiore	40% del valore limite sulle 24 ore (50 µg/m³ da non superare più di 3 volte per anno civile)	40% del livello critico invernale (8 µg/m³)

2. Biossido di azoto e ossidi di azoto

	Protezione della salute umana (NO ₂)	Protezione della salute umana (NO ₂)	Protezione della vegetazione (NO ₂)
Soglia di valutazione superiore	70% del valore limite orario (140 µg/m³ da non superare più di 18 volte per anno civile)	80% del valore limite annuale (32 µg/m³)	80% del livello critico annuale (24 µg/m³)
Soglia di valutazione inferiore	50% del valore limite orario (100 µg/m³ da non superare più di 18 volte per anno civile)	65% del valore limite annuale (26 µg/m³)	65% del livello critico annuale (19,5 µg/m³)

3. Materiale particolato (PM10 PM2,5)

	Media su 24 ore PM10	Media annuale PM10	Media annuale PM2,5*
Soglia di valutazione superiore	70% del valore limite (35 µg/m³ da non superare più di 35 volte per anno civile)	70% del valore limite (28 µg/m³)	70% del valore limite (17 µg/m³)
Soglia di valutazione inferiore	50% del valore limite (25 µg/m³ da non superare più di 35 volte per anno civile)	50% del valore limite (20 µg/m³)	50% del valore limite (12 µg/m³)

*La soglia di valutazione superiore e la soglia di valutazione inferiore del PM2,5 non si applicano alle misurazioni effettuate per valutare la conformità all'obiettivo di riduzione dell'esposizione al PM2,5 per la protezione della salute umana.

4. Piombo

	Media annuale
Soglia di valutazione superiore	70% del valore limite (0,35 µg/m³)
Soglia di valutazione inferiore	50% del valore limite (0,25 µg/m³)

5. Benzene

	Media annuale
Soglia di valutazione superiore	70% del valore limite (3,5 µg/m³)
Soglia di valutazione inferiore	40% del valore limite (2 µg/m³)

6. Monossido di carbonio

	Media su 8 ore
Soglia di valutazione superiore	70% del valore limite (7 mg/m³)
Soglia di valutazione inferiore	50% del valore limite (5 mg/m³)

6. Arsenico, Cadmio, Nichel, e Benzo(a)Pirene

	Arsenico	Cadmio	Nichel	B(a)P
Soglia di valutazione superiore in percentuale del valore obiettivo	60% (3,6 ng/m³)	60% (3 ng/m³)	70% (14 ng/m³)	60% (0,6 ng/m³)
Soglia di valutazione inferiore in percentuale del valore obiettivo	40% (2,4 ng/m³)	40% (2 ng/m³)	50% (10 ng/m³)	40% (0,4 ng/m³)

9 La normativa europea

Riferimenti legislativi sulla qualità dell'aria atmosferica esterna.

Negli ultimi anni alcune importanti Direttive europee hanno definito i livelli di accettabilità degli inquinanti in atmosfera.

In Italia, con il Decreto 2 aprile 2002, n.60 "Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo" sono stati fissati dei valori di riferimento e con la direttiva 2000/69/CE, relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio, sono stati indicati nuovi valori limite con i rispettivi margini di tolleranza rispetto ai quali effettuare la valutazione preliminare della qualità dell'aria. Il quadro riassuntivo dei valori di riferimento è schematizzato nella Tabella 9, nella quale si riportano i valori limite e le soglie d'allarme per ciascun tipo di inquinante, per tipologia d'esposizione (breve periodo o lungo periodo) e in base all'oggetto della tutela, a seconda che si tratti della protezione della salute umana, della vegetazione o degli ecosistemi.

Accanto ai nuovi limiti introdotti dal DM 60/02, nelle tabelle che seguono sono indicati quelli ancora in vigore per effetto di provvedimenti legislativi ancora validi in via transitoria; nell'ultima colonna è riportato il periodo di validità di tali limiti.

Quadro complessivo delle soglie di allarme e dei valori limite in vigore con i rispettivi margini di tolleranza riferiti a ciascun anno

Tab.9: Biossido di zolfo (DM 60/02)

SO₂	Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte per anno civile	42,9% del valore limite, pari a 150 µg/m ³ nel 1999. Lo 0% al 01/01/05	01/01/2005
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/m ³ da non superare più di tre volte per anno civile	Nessuno	01/01/2005
Valore limite per la protezione degli ecosistemi	Anno civile ed inverno (1 ottobre - 31 marzo)	20 µg/m ³	Nessuno	19/07/2001
Soglia di allarme	500 mg/m ³ misurati su tre ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria di un'area di almeno 100 Km ² oppure in una intera zona o agglomerato, nel caso siano meno estesi.			

Tab.10: Biossido di azoto e gli ossidi di azoto

NO₂ NO_x	Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m ³ di NO ₂ da non superare più di 18 volte per anno civile	50% del valore limite, pari a 100 µg/m ³ nel 1999. Lo 0% al 01/01/10	01/01/2010
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³ di NO ₂	50% del valore limite, pari a 20 µg/m ³ nel 1999. Lo 0% al 01/01/10	01/01/2010
Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	Anno civile	30 µg/m ³ di NO _x	Nessuno	19/07/2001
Soglia di allarme	400 µg/m ³ misurati su tre ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria di un'area di almeno 100 Km ² oppure in una intera zona o agglomerato, nel caso siano meno estesi.			

Tab.11: Materiale particolato, polveri (PM10)

PM 10	Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto

Fase 1

Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte	50% del valore limite, pari a 25 µg/m ³ nel 1999. Lo 0% al 01/01/05	01/01/2005
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³	20% del valore limite, pari a 8 µg/m ³ nel 1999. Lo 0% al 01/01/05	01/01/2005

Fase 2

Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³ da non superare più di 7 volte	Equivalente al valore limite della fase 1	01/01/2005
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	20 µg/m ³	10 mg/m ³ al 1 gennaio/05 e riduzione costante fino al 0% al 01/01/10	01/01/2005

Tab.12: Monossido di carbonio

CO	Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
Valore limite per la protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³	Di 6 mg/m ³ fino a 01/01/03, poi lo 0 % al 01/01/2005	01/01/2005
/	1 ora	40 mg/m ³	/	/

Tab.13: Benzene

C6H6	Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
Valore limite per la protezione della salute umana	Anno civile	10 µg/m ³	01/01/06: 4 µg/m ³ 01/01/07: 3 µg/m ³ 01/01/08: 2 µg/m ³ 01/01/09: 1 µg/m ³ 01/01/10: 0 µg/m ³	01/01/10

Tab.14: Ozono (DLGS n°138 del 21/05/04)

O₃	Esposizione	Concentrazione	Data obiettivo
Livello di attenzione	Media su 8 ore	120 µg/m ³	2010
Livello di allarme	Media su 1 ora	240 µg/m ³ (3 ore cons.)	2010
Livello di informazione	Media su 1 ora	180 µg/m ³	2010

Protezione degli ecosistemi

Livello di protezione della vegetazione. (DM 16/05/96)	Media oraria	200 µg/m ³	Periodo di validità dei limiti attualmente previsti
	Media 24 ore	65 µg/m ³	Fino al recepimento della direttiva 2002/3/CE previsto per il 09/09/2003

Tab.15: Piombo

Pb	Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
Valore limite per la protezione della salute umana	Anno civile	0,5 µg/m ³	100% fino al 31/12/00, riduzione fino allo 0% entro il 01/01/2005	01/01/2005

10 Il controllo degli inquinanti nell'ambiente interno

10.1 Le tipologie di filtrazione

I filtri per l'aria sono classificati in funzione alla loro caratteristica di trattenimento e separazione delle particelle e/o polveri presenti nell'aria che li attraversa.

Essi possono trattenere e separare particolati di piccolissime dimensioni e particolati di grandi dimensioni, ma nessun filtro dell'aria anche nella sua massima "performance" (filtri ULPA) è in grado di separare e trattenere inquinanti in fase gassosa o molecolare. Infatti tutti i filtri vengono chiamati a trattenere unicamente sostanze inquinanti di natura particolata, ovverosia sostanze che abbiano una massa, anche se di piccolissime dimensioni, che si può presentare sia in forma solida che liquida. I filtri a più bassa efficienza di separazione sono utilizzati generalmente per trattenere particolati di grandi dimensioni ($\geq$ di 10-20 μm). I filtri a media e alta efficienza vengono utilizzati per separare particolati con dimensioni prossimi al micron (0,4 μm UNI EN 779 e UNI 11254), mentre i filtri ad altissima efficienza e assoluti (EPA, HEPA e ULPA) sono utilizzati per la separazione di particolati con dimensione frazionaria del micron denominati MPPS, particelle che hanno un alto indice di penetrazione.

La tecnologia di costruzione, l'utilizzo e la durata variano a seconda delle prestazioni di efficienza volute e richieste dall'impiego specifico. Per quanto riguarda i filtri costituiti da un materassino fibroso, la regola generale è che l'efficienza di filtrazione è inversamente proporzionale al diametro delle fibre stesse e direttamente proporzionale alla loro densità e in relazione alla tipologia e modalità di costruzione del filtro stesso.

Tutte le tipologie di filtro sfruttano i medesimi e fondamentali principi, che sono:

- principio inerziale,
- principio di setaccio,
- il principio di intercettazione,
- il principio di diffusione,
- effetto elettrostatico.

Non tutti i sistemi filtranti utilizzano gli stessi principi in modi e tempi uguali, infatti alcuni sfruttano solo un determinato principio massimizzandolo, altri la combinazione di alcuni di essi, altri ancora la totalità degli stessi contemporaneamente.

Tali principi vengono sfruttati a seconda della tipologia, della concentrazione, della dimensione della particella da trattenere. Filtri che utilizzano il principio inerziale e di setaccio vengono utilizzati su particolati di grandi dimensioni, per sfruttarne la loro energia cinetica e la loro massa.

Filtri a media e alta efficienza utilizzano in massima parte i principi rispettivamente di intercettazione e diffusione, i filtri ad altissima efficienza la totalità di questi principi.

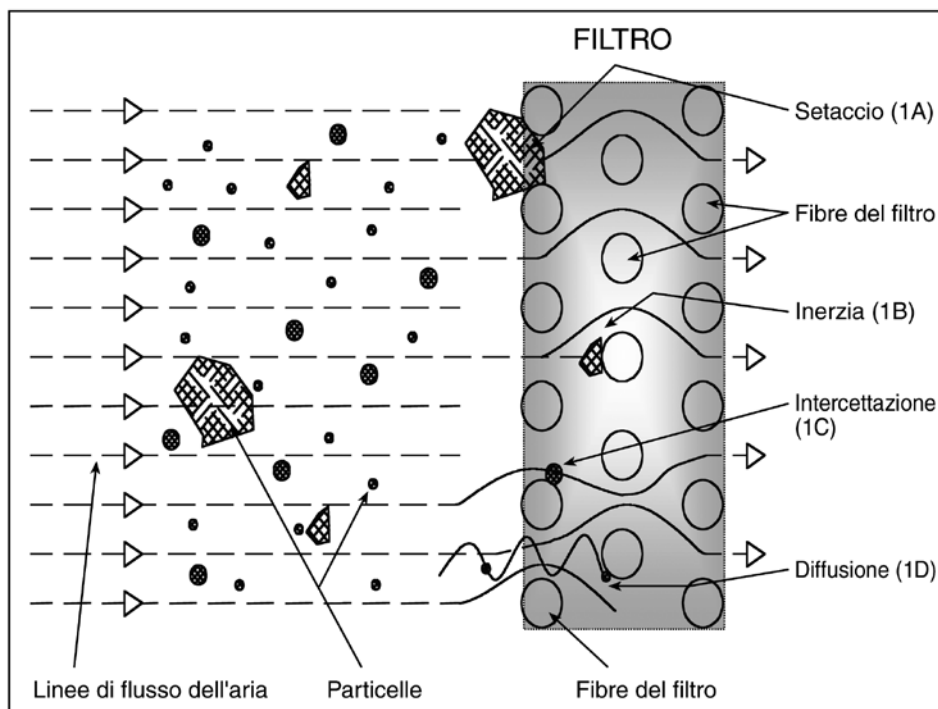
10.1.1 I principi di funzionamento

I principi illustrati nella figura 1 sono inerenti i filtri dell'aria con media meccanica.

Tipologie: materassini, spugne, tasche rigide, tasche flosce, pieghe, pieghe profonde, sacco ecc.

Efficienze: basse (polveri grossolane), medie ($<PM_{10}$), alte ($PM_{2,5}$), altissime (PM_{1}), assolute (MPPS)

Fig.1:



10.1.2 Principio di setaccio: (Fig.1 particolare 1A)

Sono tipicamente costruiti con materassini composti da fibre variabili in dimensione, lunghezza e densità, tali da ostacolare il passaggio delle particelle in quanto la loro distanza è inferiore alle dimensioni delle polveri in transito.

Altre costruzioni prevedono l'utilizzo di reti sovrapposte tra di loro in vari strati per ottenere passaggi rettilinei dell'aria nelle dimensioni volute. Questi filtri sono utilizzati per polveri medio grandi e la velocità dell'aria in transito deve essere contenuta. La durata di esercizio varia in modo direttamente proporzionale alla loro superficie di accolta e alla concentrazione delle polveri in transito. Un accumulo di polveri non omogeneo sulla superficie e una perdita di carico superiore al consentito determina un aumento di pressione sulle fibre stesse e quindi una loro deformazione con conseguente rilascio delle polveri già depositate.

10.1.3 Principio inerziale: (Fig. 1 particolare 1B)

Questo principio sfrutta l'energia cinetica delle grosse particelle presenti nel moto dell'aria. Infatti tali particelle tendono per inerzia a proseguire in modo rettilineo il loro moto anche in presenza di variazioni brusche della direzione del flusso gassoso e quindi ciò favorisce la loro separazione. Il rendimento di questo sistema è direttamente proporzionale alla velocità del fluido gassoso, alla dimensione e massa delle particelle nonché alla loro concentrazione.

Sul loro percorso possono incontrare delle fibre di trattenimento o un raccogliore nel quale queste particelle si raccolgono per gravità. In genere questi filtri sono autopulenti, basta soltanto tenere svuotato periodicamente il serbatoio o la tramoggia di raccolta. In questa tipologia di filtri si possono annoverare separatori inerziali puramente detti, cicloni, ecc. nelle loro più svariate dimensioni e forme a seconda del particolato solido o liquido da separare.

10.1.4 Effetto di intercettazione: (Fig. 1 particolare 1C)

Quando la particella è sufficientemente piccola da far sì che l'effetto inerziale non avvenga, questa segue lo stesso percorso dell'aria attraverso le fibre del filtro.

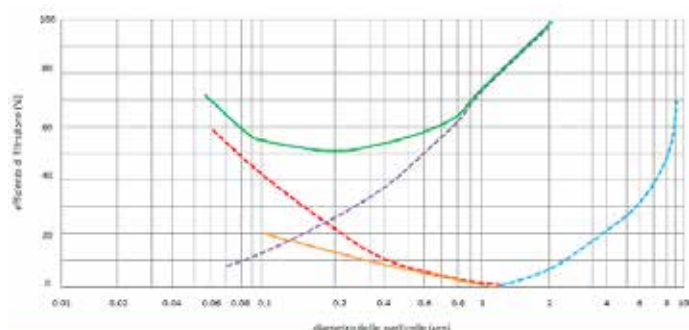
La sua cattura avviene quando la distanza particella-fibra è minore del raggio della fibra stessa, e, più precisamente, quando la distanza del suo centro di gravità rispetto alla fibra è minore della distanza del suo raggio. Quindi minore è il diametro della fibra, minore è il diametro della particella che è possibile separare, anche perché più piccola è la fibra, minore è l'alterazione delle linee di flusso dell'aria.

Le particelle vengono trattenute dalle fibre mediante forze elettrostatiche elementari generate dall'attrito dell'aria sulle fibre stesse. Oppure trattenute da sostanze collanti precedentemente depositate sulle fibre in fase di produzione. Il principio di intercettazione aumenta il suo rendimento all'aumentare del diametro della particella, al diminuire del diametro della fibra ed è quasi indifferente alla velocità dell'aria.

10.1.4 Diffusione: (Fig. 1 particolare 1D)

Questo meccanismo di separazione avviene solo in presenza di particelle molto piccole, le quali si muovono nel flusso gassoso non seguendone la direzione media, ma seguendo un moto ondulatorio (moto Browniano). Tale moto "zigzagante" favorisce il deposito della particella sulla superficie della fibra per mezzo di cariche elettrostatiche elementari. Tale deposito, generando un gradiente di concentrazione in una regione della fibra, ne aumenta in seguito le prestazioni. Il principio di diffusione aumenta il suo rendimento al diminuire del diametro della particella, in quanto aumenta il "coefficiente di diffusione" della particella stessa, aumenta inoltre al diminuire del diametro della fibra e al diminuire della velocità dell'aria in transito.

Questi ultimi due effetti o principi di filtrazione si presentano tipicamente in quella categoria di filtri classificati come “altissima efficienza” ed “assoluti”.



Efficienza di filtrazione in rapporto al principio di captazione usato

10.2 Principio di filtrazione elettrostatica

10.2.1 Effetto elettrostatico

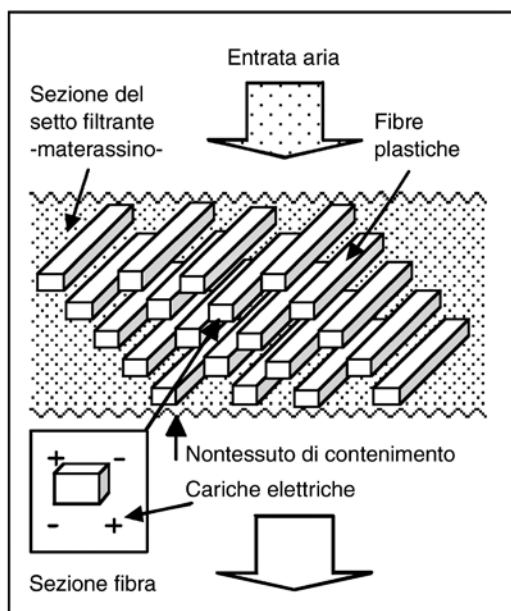
Si ha un effetto elettrostatico quando una particella di inquinante (polvere, fumo, fibre, filacce, ecc...) presenta sulla sua superficie una o più cariche elettriche (positive e/o negative), le quali fanno aderire la particella stessa ad un'altra superficie (fibre di un filtro, muri, tende, schermi Tv e Pc, ecc...) che contenga le stesse cariche elettriche, ma di segno opposto.

In pratica avviene lo stesso fenomeno che notiamo quando avviciniamo i poli opposti di due calamite. La presenza di cariche elettriche sulle superfici sono naturali, dovute principalmente alla forza d'attrito prodotta contro le molecole dell'aria che le contiene o che le lambisce. Se la massa della particella è sufficientemente piccola, la carica elettrica presente sulla sua superficie, anche se infinitesimale, è in grado di fare aderire la particella stessa ad un'altra carica elettrica di segno opposto, presente su un'altra superficie come ad esempio la fibra di un materassino filtrante. Questo fenomeno può essere potenziato artificialmente, caricando elettrostaticamente una o entrambi le superfici (particella e/o fibra).

Quando questa azione di potenziamento elettrostatico si applica a delle fibre speciali di un filtro, esso viene comunemente definito “filtro elettrostatico passivo” (fig 2). Le fibre sono e devono essere di materiale con una resistività elettrica molto elevata come le fibre artificiali plastiche o come quelle di vetro. Inoltre, per accentuare la separazione e la distanza delle cariche, le fibre devono avere superfici possibilmente ortogonali tra loro. La carica elettrostatica potenziata è generata in

fase di produzione delle fibre stesse, le quali vengono sottoposte ad un intenso campo elettrico e quindi si polarizzano, prendendo il nome di “elettreti” (electret). Queste fibre così caricate vengono assemblate in materassini di vario spessore e peso (g/m²). Per evitare che le fibre siano trascinate e disperse dall’aria in transito, tali materassini sono contenuti in una sorta di sacco di contenimento di tessuto non tessuto di poliestere molto fitto e fine.

(Fig.2) Filtro elettrostatico passivo tipo “Filtrete”



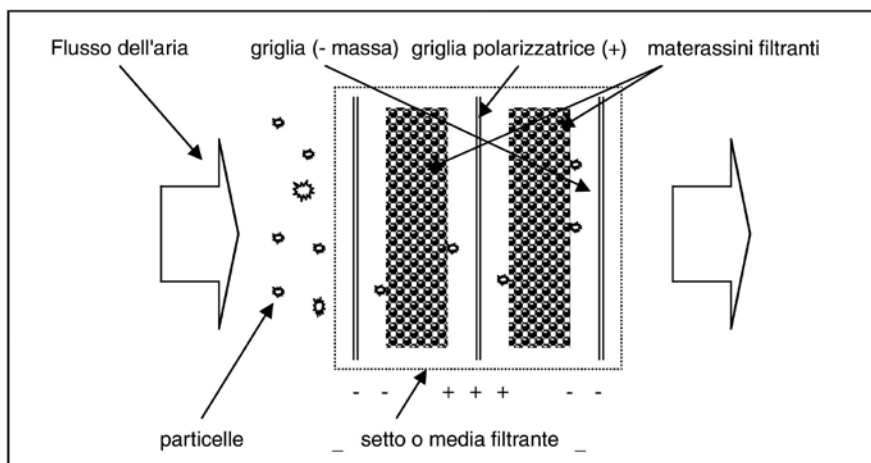
La carica elettrica così impressa alla fibra facilita la cattura delle microparticelle in transito, ovviamente il loro deposito fa diminuire drasticamente la possibilità di cattura delle successive, in quanto la loro presenza inibisce le cariche elettrostatiche circostanti presenti sulla fibra del filtro.

Un altro fattore da tenere in considerazione sul fronte delle prestazioni e delle prestazioni nel tempo, è il tasso di umidità dell’aria stessa. Infatti l’acqua contenuta nell’aria e condensata, anche in piccole quantità, sulla superficie delle fibre, elimina in brevissimo tempo ogni sorta di carica elettrica sulla fibra, trasformando così questo speciale materassino filtrante in un comune filtro a setaccio. Altri fattori che possono compromettere le prestazioni dei filtri elettrostatici passivi sono il tempo che passa tra la loro produzione e il loro utilizzo, il tipo e il modo in cui vengono immagazzinati e la loro manipolazione durante l’uso. Tutte queste operazioni tendono a far diminuire in modo naturale e irreversibile le cariche elettrostatiche e quindi a far diminuire le loro prestazioni iniziali. Per poter mantenere nel tempo le cariche elettrostatiche su alcune superfici di raccolta (fibre, reti,

schiume, ecc.), determinate tipologie di filtri, polarizzano costantemente i loro media filtranti. Questi mezzi filtranti vengono comunemente denominati come **“Filtro elettrostatico a tampone”** (Fig. 3). I media filtranti vengono polarizzati durante il loro utilizzo da un campo elettrico in cui sono immersi e ne costituiscono il dielettrico (sostanza isolante). Un elettrodo polarizzatore, solitamente una rete metallica, viene alimentato con una tensione elevata e contrapposto a due griglie laterali collegate a terra (massa).

La distanza in aria tra le griglie e l'elettrodo centrale (zona di campo elettrico) viene riempita e occupata dai media filtranti stessi, i quali garantiscono che le distanze e l'isolamento siano quelli voluti, grazie alle loro caratteristiche elettromeccaniche.

(Fig.3) Filtro elettrostatico a tampone



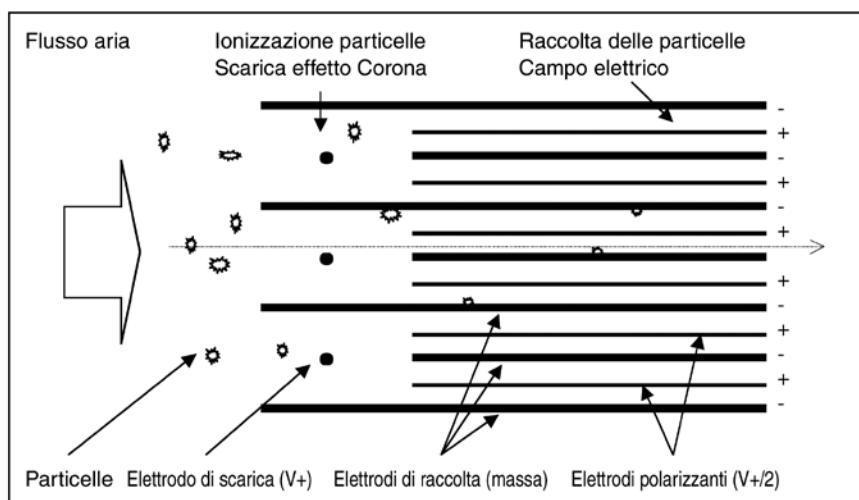
Quindi trovandosi all'interno di un intenso campo elettrico, le loro superfici presentano un numero di cariche elettriche elevate che ne aumentano il potere di attrazione e trattenimento. L'efficienza di separazione di questa tipologia di filtri è legata all'intensità del campo elettrico generato, dalla natura, dalla densità e dalla forma del materiale con cui sono costruiti i media filtranti (fibre, schiume poliuretaniche, reti, ecc). Sono caratterizzati da una perdita di carico iniziale uguale agli altri filtri di tipo "meccanico" sopra descritti e utilizzano media filtranti con le medesime caratteristiche volumetriche e geometriche, ma possono vantare una migliore efficienza di separazione in relazione ai particolati più piccoli.

Quando il potenziamento delle cariche elettrostatiche avviene, invece, contemporaneamente sia sulle particelle che sulle superfici di raccolta, allora il mezzo filtrante è denominato **“Filtro elettrostatico/elettronico attivo a piastre”** (Fig.4).

Il potenziamento delle cariche elettrostatiche sulle superfici delle particelle e sulle superfici di

raccolta (collettore) non avviene durante la fase di produzione, bensì durante il normale utilizzo del filtro. Affinché le superfici siano costantemente cariche elettrostaticamente (polarizzazione), è necessario utilizzare un'alimentazione e una regolazione elettrica pensata e costruita allo scopo. Tale alimentazione elettronica deve garantire una tensione (Volt) e la conseguente corrente (mA), che sia in grado di ionizzare opportunamente le particelle e creare una sufficiente intensità di campo elettrico sulle superfici del collettore del filtro stesso, fatto questo, indispensabile ai filtri della cattura e separazione delle particelle in transito.

(Fig.4) Filtro d'aria elettronico attivo a piastre doppio stadio



I filtri elettronici/elettrostatici attivi e a piastra, si basano sul principio della separazione delle micro-particelle presenti in aria mediante ionizzazione delle stesse e campi elettrici di raccolta, formati da superfici contrapposte e sottoposte a opportune tensioni elettriche.

Essi sono costruiti in larga parte da sottili lamine metalliche rastremate tra loro a distanze determinate, in funzione della tensione applicata, le quali formano numerosi ed intensi campi elettrostatici. Le particelle inquinanti che transitano, per reagire alle linee di forza generate dai suddetti campi elettrici e quindi essere attratte e trattenute, come piccole calamite, sulle superfici contrapposte di queste lamine, devono essere precedentemente caricate elettronicamente (ionizzazione).

Questa carica è fornita loro tramite un elettrodo polarizzatore (generalmente di segno positivo), il quale, essendo contrapposto a due piastre di segno contrario (massa) e alimentato con tensioni elevate, genera un intensissimo quanto difforme campo elettrico ad effetto valanga denominato "scarica corona".

Gli ioni positivi generati in questo modo dalla scarica corona dell'elettrodo polarizzatore, nella loro migrazione verso le piastre laterali, intercettano le particelle inquinanti transitanti, impartendo loro una carica positiva, che favorirà la loro separazione dal flusso dell'aria e la conseguente adesione alle lamine successive aventi polarità opposta (collettore).

Il consumo di energia in questo processo è di piccola entità, circa 4/7 W per ogni 1000 m³ d'aria. Il filtro elettronico, data la sua soluzione costruttiva, essendo realizzato con materiali metallici, può essere riutilizzato e quindi "rigenerato" tramite semplici operazioni di pulizia mediante lavaggi con comuni detergenti e acqua.

Vanno comunque elencati e compresi anche gli aspetti negativi o quantomeno più onerosi e complessi della filtrazione elettrostatica rispetto agli altri sistemi filtranti.

Infatti i filtri d'aria elettronici, pur garantendo efficienze adeguate e perdite di pressione molto basse, a causa della loro tecnologia di fabbricazione sono onerosi, scarsamente versatili sotto il profilo dimensionale e necessitano di spazi superiori a parità di prestazioni filtranti con altri sistemi. Inoltre, dovendo subire manipolazioni continue dovute alla loro manutenzione, ed essendo costruiti con materiali specifici e delicati (fili ionizzanti, isolatori ecc.) sono spesso vittime di rotture che ne determinano un uso molto attento e riguardoso.

Da annoverare, inoltre, gli elevati costi di investimento e di produzione derivanti dai materiali e dalla tecnologia usata.

Quindi, riassumendo, possiamo elencare i principali aspetti negativi, quali:

- Scarsa versatilità dimensionale
- Costi di acquisto e di installazione maggiori
- Maggior fabbisogno di spazio a parità di prestazioni filtranti
- Necessità di impiego di un'alimentazione elettronica

10.2.2 Il filtro elettrostatico di tipo "Femec"

La progettazione e la realizzazione dell'elettrofiltro a moduli componibili denominato "FEMEC" (Fig. 5) sono volte al mantenimento delle caratteristiche peculiari positive della filtrazione elettrostatica a piastra "classica" e alla drastica riduzione degli aspetti negativi, sopra specificati, che questa tecnologia di filtrazione comporta.

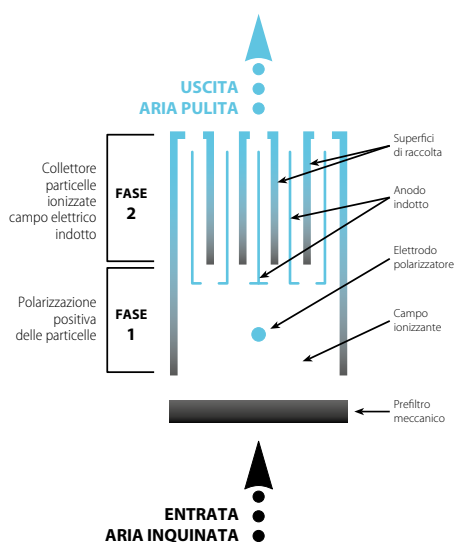
Questa nuova soluzione si presenta con due sezioni separate e ben distinte, differenti nella tecnologia costruttiva, ed ognuna con le proprie finalità funzionali.

La prima sezione è composta da elettrodi e particolari isolanti (elementi attivi), la seconda è destinata allo sporcamento e quindi alla pulizia e manipolazione (elemento passivo).

Le parti attive della prima sezione sono solidali alla struttura portante dove è inserito il filtro stesso. Non essendo esse soggette a manutenzione ordinaria e quindi a manipolazioni, possono essere

costruite in modo tale da garantire affidabilità e sicurezza a costi molto contenuti, senza l'impiego di materiali speciali, delicati e costosi, (isolatori). La seconda sezione ad anodo indotto (il collettore) è realizzata in alluminio, generalmente estruso o stampato in lamine, che permette soluzioni dimensionali molto diversificate, consentendo un elevato adattamento alle più svariate esigenze realizzative e d'ingombro. Questa seconda sezione è composta a sua volta in due parti, una passiva, collegata a massa e finalizzata al collettamento dello sporco, e la seconda attiva in quanto sottoposta alla tensione indotta dall'elettrodo polarizzatore (anodo indotto). Questa soluzione permette di ottenere campi elettrici sulle superfici contrapposte senza necessità di un'ulteriore alimentazione elettrica.

(Fig.5) Filtro elettronico attivo a piastre Tecnologia "FEMEC"



Inoltre rende ogni zona del collettore indipendente una dall'altra, evitando così che un corto circuito accidentale di una sezione possa inficiare il funzionamento dell'intero filtro, cosa che invece succede con i filtri costruiti con tecnologia elettrostatica classica.

I corti circuiti momentanei provocati dall'eventuale intasamento localizzato del filtro o dalla presenza di particolati di grandi dimensioni, infatti, portano ad una temporanea perdita totale di efficienza del filtro elettronico tradizionale, in quanto la parte attiva del collettore è interamente collegata ad una seconda alimentazione.

10.3 Filtri per inquinanti gassosi

I filtri, o meglio dire, i depuratori per i gas sono usati nel campo della climatizzazione e della ventilazione per separare odori sgradevoli e sostanze gassose inquinanti dall'aria in ambiente. Il loro uso tipico è nelle unità centralizzate di trattamento o in unità apposite, allo scopo di ridurre il volume dell'aria esterna di rinnovo, nell'ipotesi che questa sia più pura di quella interna. In questa prospettiva, i filtri per gas consentono di ridurre l'onere energetico associato all'aria di rinnovo, ma aggiungono il consumo energetico dovuto alle elevate perdite di carico che introducono nel percorso aeraulico (nell'ordine delle decine di mm) e l'onere economico dovuto al loro costo di acquisto e manutenzione.

Per poter prendere decisioni impiantistiche fondate è quindi necessario caratterizzare questi "filtri" dal punto di vista delle prestazioni: la portata di aria nominale, la perdita di carico, l'efficienza di separazione e la durata per valori rappresentativi di portata, temperatura e umidità relativa dell'aria. La portata nominale, per dimensioni frontali prefissate, dipende dalla velocità frontale; valori tipici sono intorno ai 3 m/s, per cui non è possibile la disposizione in uno strato piano che causerebbe elevate perdite, dovute alle quantità necessarie di materiale adsorbente. Il depuratore per gas è quindi realizzato a superficie estesa e il materiale adsorbente è disposto in modo da formare uno strato non perpendicolare all'asse del percorso dell'aria, la quale ha quindi una velocità nettamente inferiore a quella media frontale.

Se la portata rimane costante, la caduta di pressione non varia in modo rilevante durante la vita operativa del depuratore; ne deriva che non esiste una caduta di pressione finale che segnali la necessità del ricambio come invece avviene nei filtri per particelle. I tempi di manutenzione dipendono dalle concentrazioni del gas, dal grado di saturazione del materiale adsorbente utilizzato, ecc.; dati che devono essere forniti dal produttore e/o verificati tramite appropriate analisi chimiche del materiale costituente il depuratore.

L'efficienza di separazione è il rapporto tra la portata in massa (peso) di inquinante gassoso trattata (adsorbita o assorbita nell'unità di tempo) e la corrispondente portata di inquinante gassoso entrante.

Il criterio per stabilire se il filtro deve essere sostituito è basato sul valore minimo ammissibile per la sua efficienza. La durata del filtro e la sua capacità di accumulo del gas risultano dal criterio suddetto e presuppongono che sia noto l'andamento dell'efficienza in funzione del tempo. Nel settore dei filtri per la climatizzazione, che è separato da quello degli impianti chimici, alcuni costruttori possiedono correlazioni che consentono di rispondere alle richieste dei loro clienti, prevedendo le caratteristiche, la massa e la disposizione del materiale necessaria per specifiche applicazioni. I tipici dati di ingresso sono la natura del gas da separare, la sua concentrazione e la portata di aria da trattare. Vengono generalmente stabiliti in modo convenzionale la durata (per esempio un anno) e

la perdita di pressione generata. L'utilizzatore di rado comprende le ragioni che stanno alla base di un dimensionamento di un depuratore per gas e le ragioni che determinano la scelta del materiale adsorbente o assorbente, nonché la sua configurazione e le geometrie di realizzazione.

Questa situazione crea diffidenza negli operatori nel settore della climatizzazione, i quali non sempre sono in grado di capire le formulazioni consuete dei principi di ingegneria chimica e perciò non sono sempre disposti ad accettarne i risultati.

È evidente che, dal punto di vista della gestione degli impianti, sarebbe opportuno possedere indicatori affidabili ed economici, in grado di determinare l'andamento della concentrazione del gas a valle e a monte del depuratore, e che dal punto di vista tecnico-commerciale sarebbe auspicabile un metodo standardizzato di valutazione.

L'intervallo di tempo in cui un depuratore adsorbe ha un limite massimo, determinato dalla capacità di adsorbimento del materiale utilizzato. Tale limite è proporzionale al rapporto tra la massa del gas adsorbito e la massa del materiale adsorbente. Il suo valore teorico è espresso come quantità massima adsorbita in condizioni di equilibrio termodinamico.

Esso dipende dalla natura del gas, dalla natura del materiale e dalle condizioni termodinamiche, come la temperatura e l'umidità relativa dell'aria. Va tenuto presente che concentrazioni di gas molto basse portano a efficienze di adsorbimento basse e viceversa.

I materiali adsorbenti sono formati da granuli porosi (estrusi e non) di forma solitamente regolare (cilindretti, sferette, ecc.) aventi una dimensione di qualche millimetro (carboni attivi impregnati e non impregnati, allumina porosa impregnata, zeoliti impregnate, ecc.). La porosità che li contraddistingue è formata da micropori e da macropori, i quali hanno una dimensione inferiore al centesimo di micron per i primi e superiore per i secondi. Il gas aderisce alle loro pareti interne come un velo molto sottile, quindi maggiore è la superficie disponibile, maggiore sarà la quantità di gas che il materiale è in grado di trattenere (processo di adsorbimento). Quando invece questi materiali subiscono un pre-trattamento con sostanze impregnanti, la cattura e il trattenimento prende il nome di assorbimento. Tipicamente il processo di assorbimento fa reagire chimicamente la sostanza gassosa da depurare con la sostanza usata per l'impregnazione, trasformandola in una miscela omogenea e diversa, in uno stato liquido.

Quando le superfici e le cavità del materiale assorbente sono sature e/o piene, esso va sostituito. Ogni materiale adsorbente ha una prestazione diversa nei confronti di ognuna delle diverse sostanze gassose e questo valore dovrebbe essere quantificato e reso noto dal fornitore o dal suo produttore.

Per semplicità e comodità si usa comunemente distinguere in due categorie le sostanze gassose: sostanze organiche e sostanze inorganiche, le quali categorie dovrebbero essere rappresentative di tutte le sostanze inquinanti di natura gassosa.

Il grado di saturazione dei diversi materiali cambia in funzione della natura del gas da separare, dal tasso di umidità presente, dalla presenza o meno di particolati, dalla temperatura dell'aria, ecc.. L'umidità presente in aria, se eccessiva, va ad occupare lo spazio nelle porosità del materiale adsorbente e sulle sue superfici, condensando e impedendo così tale processo alle sostanze gassose da depurare. Se l'aria da depurare contiene particelle in grande concentrazione, queste si depositano sulle superfici esterne dei granuli porosi otturandoli e quindi impedendo fisicamente al gas di entrare nelle loro cavità interne. Ecco perché il trattamento dei gas deve essere sempre preceduto da un sistema filtrante efficiente che rimuova il maggior numero di particolati possibile.

Inoltre, un altrettanto efficace sistema filtrante deve essere posto dopo il trattamento di depurazione, in quanto l'abrasione esistente tra granuli, dovuta al passaggio dell'aria, alla movimentazione, al montaggio, ecc., produce particelle finissime del materiale con cui sono realizzati, le quali, a loro volta, possono essere veicolate dall'aria in transito e disperse in ambiente, pronte per essere inalate dalle persone. Un altro aspetto da considerare nell'utilizzo di questi sistemi depuranti è la percentuale di sostanza gassosa già adsorbita che può essere rilasciata per ragioni di temperatura, saturazione dei granuli, vapore acqueo, variazioni di velocità dell'aria, ecc. La manutenzione in tempi programmati e dipendenti dalla tipologia e dalla concentrazione dell'inquinante gassoso da trattare, dal tipo di adsorbente utilizzato, dal grado di pulizia dell'aria richiesto e da altri fattori igrotermici, diventa di vitale importanza se non si vuole correre il rischio che un depuratore diventi a sua volta, una fonte di inquinamento ambientale.

I gas presenti in aria, per poter "reagire" ed essere trattenuti dal depuratore, devono avere un certo tempo di contatto col materiale adsorbente e quindi la velocità dell'aria che li trasporta deve essere correttamente valutata e proporzionata. Generalmente questo tempo di contatto non deve essere inferiore al decimo di secondo, perciò, se la velocità dell'aria in transito e che attraversa il materiale adsorbente è, per esempio, un metro al secondo, la sezione del setto con i granuli dovrà essere di 10 cm almeno. Dato che l'aria ambientale negli edifici comuni, tipicamente trattata da normali sistemi climatizzanti e ventilanti, contiene numerose varietà di inquinanti gassosi e a concentrazioni "modeste" e dato che l'efficacia e l'efficienza dei vari materiali adsorbenti varia in funzione della natura di detti inquinanti, è buona regola prevederne diverse tipologie abbinate e alloggiate sulla stessa sezione depurante.

10.4 Gli ionizzatori

La ionizzazione dell'aria su terminali d'aria

Esistono sul mercato della climatizzazione prodotti terminali, quali ventilconvettori, diffusori, condizionatori split, ecc. che dichiarano di essere in grado di "filtrare e sanificare" l'aria che già trattano termicamente. Questa affermazione, puramente commerciale e non dimostrata da nessuna op-

portuna certificazione e/o normativa riconosciuta (UNI, EN, ISO), si basa solo sul fatto che essi sono dotati di piccoli ionizzatori d'aria montati a bordo.

Detti prodotti, a dispetto dei vari nomi accattivanti con i quali sono conosciuti sul mercato (plasma-cluster, cold-plasma, plasma-ion, ecc.) si possono definire semplicemente "ionizzatori".

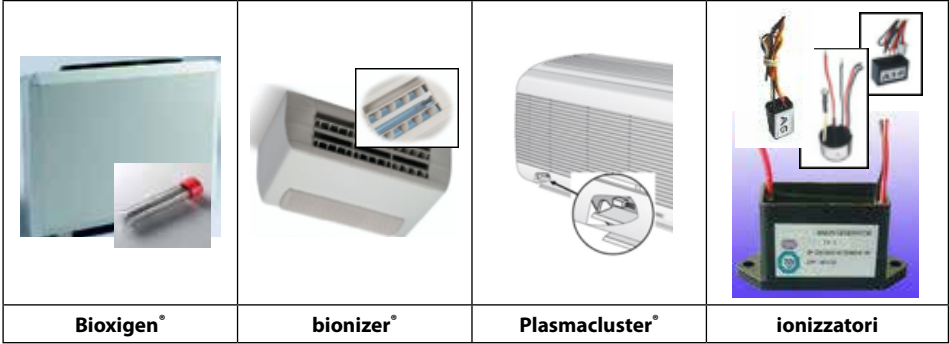


Figura 1: esempi di realizzazioni su ventilconvettori

La tecnologia di base degli ionizzatori è costituita da uno o più elettrodi polarizzatori realizzati in varie forme (punte, reti o maglie metalliche, ciuffi ecc.) alimentati con alta tensione continua positiva e/o negativa oppure alternata per alcune applicazioni speciali e con valori di potenza del tutto trascurabili. Il campo elettrico generato produce (emette) ioni positivi o negativi dalle molecole dell'aria presenti (plasma) le quali, legandosi alle particelle aerodisperse presenti, le fanno aggregare (cluster) fra loro e, una volta che queste hanno raggiunto una massa sufficiente, precipitano al suolo per gravità o aderiscono per via elettrostatica alle superfici più vicine aventi carica opposta o neutra. Alcune pubblicazioni commerciali affermano che tali prodotti generano "ossigeno attivo", ovvero ossigeno molecolare eccitato (o, meglio, si presume sia questa la definizione corretta, in quanto non vi è una definizione univoca e accettata). Tale definizione non trova rispondenza scientifica alcuna.

Non vi è quindi nessun sistema di raccolta di polvere che possa provare la sua rimozione dall'aria ambiente, quindi tali prodotti non possono assumere il ruolo dei filtri aria propriamente detti. La raccolta e l'eliminazione delle particelle inquinanti (PM) nell'aria è un fatto determinante al fine di garantire la sua pulizia, onde evitare che le particelle possano essere inalate dalle persone o depositarsi sulle superfici del terminale stesso, del sistema aerulico o in ambiente.

Il deposito di polvere sulle superfici interne (batterie, griglie, coperture, ecc.) può generare proliferazione di sostanze microbiologiche che possono, in seguito, essere veicolate all'interno degli ambienti e generare un vero rischio alla salute degli occupanti. Il processo di agglomerazione (formazione di cluster) richiede inoltre tempi lunghi di contatto e di esposizione alle cariche elettriche al fine di raggiungere una massa sufficiente al decadimento e una qualsivoglia azione biocida da parte delle molecole

ionizzate o del cosiddetto “ossigeno attivo”.

Il posizionamento dello ionizzatore su un terminale d’aria come il ventilconvettore è molto esaustivo sull’inutilità pratica di tale installazione. La sua azione “ionizzante” è infatti circoscritta ad un volume piccolo attorno al punto d’emissione e quindi la sua possibile azione è limitata solamente a quell’area, lasciando scoperto completamente il resto della sezione di passaggio aria.

Inoltre i tempi di esposizione necessari affinché si abbia il presunto effetto biocida, è nell’ordine di ore, quindi è chiaramente inutile se installato in un sistema dinamico qual è il ventilconvettore, dove la velocità dell’aria in transito si misura in metri al secondo e dove la stessa velocità favorisce la dispersione delle particelle, non certo la loro agglomerazione né la loro sedimentazione.

I tempi di permanenza sotto l’azione ionizzante delle molecole sono quindi molto brevi e del tutto insufficienti affinché si abbia un qualsiasi effetto di tal genere.

Cosa molto grave è la definizione, falsa e priva di ogni fondamento, che viene spesso utilizzata e che accompagna la documentazione tecnico-commerciale di questi prodotti e cioè il termine “sanificazione”. Va detto che “sanificare” ha un preciso significato per la legislazione italiana ed in particolare secondo le “Linee guida per la definizione di protocolli tecnici di manutenzione predittiva sugli impianti di climatizzazione” (G.U. n° 256 del 03-11-2006 Allegato A) il termine “sanificazione” è un processo atto a rendere igienicamente sano l’ambiente e le attrezzature e consiste in fasi distinte, ma non affatto indipendenti tra loro quali: pulizia, disinfezione, sterilizzazione e disinfestazione.

Questo processo esige pertanto che vengano svolte queste diverse azioni al fine di poter utilizzare tale termine. Affermare che la semplice ionizzazione dell’aria abbia l’effetto di sanificarla è quanto meno fuorviante, se non fraudolento, da parte di chi l’afferma e molto pericoloso per chi ripone fiducia e credito in tale affermazione. Al mondo non esiste un valido metodo di prova o di verifica di tali sistemi ionizzanti, nessuna normativa nazionale o internazionale citano prescrive una modalità di certificazione/validazione univoca, come invece avviene per i filtri d’aria propriamente detti (UNI, EN o ISO). Le prestazioni di rimozione microbatterologica di tali sistemi vengono dichiarate solo da istituti o laboratori privati e le prove d’efficacia riportate descrivono esperimenti ed illustrano esperienze condotte in aria ferma, in condizioni di contorno statiche su superfici o terreni culturali per tempi lunghi d’esposizione che, come prima detto, non sono mai assimilabili alle condizioni reali di utilizzo..

Riduzione percentuale del contenuto microbico inoculato in piastre esposte all’effetto degli ionizzatori di aria		Tempo di esposizione in ore		
	Ceppo microbico esposto	3 h	8 h	24 h
	Staphilococcus aureus	70,90 %	97,02 %	98,80 %
	Escherichia coli	84,07 %	89,77 %	99,53 %
	Saccaromices cerevisiae	97,71 %	98,14 %	99,05 %

* Tabella presa da pubblicazione commerciale Bioxigen®

Possiamo quindi concludere che, alla luce di quanto esposto, tali applicazioni sui terminali d'aria sono oggettivamente inutili al fine di migliorare la qualità dell'aria ambiente.

Essi trovano ragione solo per motivi commerciali in quanto non possono dimostrare nulla di quanto dichiarato in condizioni di reali d'utilizzo sui terminali di climatizzazione, ma trovano giustificazione solo dal loro costo industriale assai modesto (meno di 2 euro) in media.

Filtri aria assorbenti e adsorbenti

I filtri o depuratori d'aria utilizzano materiali ad adsorbimento e assorbimento fisico per rimuovere contaminanti gassosi dai flussi d'aria su materiali porosi solidi, grazie alle forze di Van der Waals (attrazione nucleare), condensandoli in piccoli pori.

Questo è un processo reversibile in quanto i gas, una volta adsorbiti, possono successivamente desorbirsi nel flusso d'aria. L'adsorbente più comunemente usato è il carbone attivo, altri includono allumina attivata (ossidi di alluminio), zeoliti naturali e sintetiche in forma granulare, ossidi di silicio, setacci molecolari e vari polimeri.

Il chemisorbimento o assorbimento comporta invece un adsorbimento irreversibile, tramite reazioni chimiche sulla superficie assorbente attivata con additivi o impregnati chimici specifici che vengono aggiunti durante il processo di fabbricazione. Gli assorbenti più comuni includono allumina attivata, impregnata di permanganato di potassio o di sodio e carboni attivi impregnati con composti acidi o basici.

Un sistema di purificazione dell'aria che utilizzi il singolo mezzo di filtrazione dell'aria in fase gassosa non risulta quindi essere adeguato per il controllo degli inquinanti particolati (PM). I materiali adsorbenti non assorbono tutti i contaminanti gassosi allo stesso modo. La loro capacità di adsorbimento per i composti organici non polari aumenta con il punto di ebollizione, il peso molecolare e la loro concentrazione in aria. Composti polari come formaldeide, metano, etanolo, ecc., non sono facilmente assorbiti a basse concentrazioni. I sistemi filtranti che usano adsorbenti possono rimuovere una vasta gamma di contaminanti gassosi con un'efficienza moderata ed elevata anche in relazione al tempo di contatto che non deve essere inferiore al decimo di secondo.

Sebbene esistano materiali chemisorbenti che possono essere rigenerati, spesso questi risultano essere troppo cari e poco utilizzabili nei sistemi commerciali HVAC e nei depuratori d'aria portatili e quindi devono essere periodicamente sostituiti e smaltiti in maniera corretta.

Studi hanno dimostrato una valutazione significativamente migliorata dell'accettabilità e della soddisfazione in merito alla qualità dell'aria da parte di persone non adattate in relazione all'intensità degli odori percepiti. La percezione della qualità dell'aria in merito al comfort comunque, non deve essere considerato come un risultato di salubrità ambientale.

10.5 Filtri dell'aria con ossidazione fotocatalitica

L'ossidazione fotocatalitica (PCO) è definita come una luce mediata, reazione redox di gas e particelle biologiche adsorbite sulla superficie di un materiale solido e semiconduttore o fotocatalizzatore composto da ossido di metallo puro o drogato. Il fotocatalizzatore più comune è TiO_2 (biossido di titanio), ma vengono utilizzati anche: ossido di zinco (ZnO), triossido di tungsteno (WO_3), biossido di zirconio (ZrO_2), solfuro di cadmio (CdS) e il TiO_2 drogato con ferro.

I dopanti (ad es. Ferro [Fe], platino [Pt], argento [Ag]), utilizzati sul fotocatalizzatore di ossido di metallo, hanno di solito un effetto positivo sulle prestazioni. Il sistema "filtrante" a fotocatalisi, genera forme allotropiche dell'ossigeno (o specie reattive dell'ossigeno) che rimangono legate in superficie quando esposte alla luce di particolari lunghezze d'onda nell'intervallo ultravioletto (UV). Queste specie di molecole di ossigeno sono altamente reattive con gas e particelle biologiche. È possibile utilizzare una varietà di fonti di luce UV in PCO, comprese le luci nere (UV-A: onde lunghe; da 400 a 315 nm), lampade germicide (UV-C: onda corta; 280 a 200 nm) e lampade che generano ozono (vuoto UV [UV-V]: meno di 200 nm) (fonte ASHRAE).

In condizioni di reazione che consentono l'ossidazione profonda (indicata come mineralizzazione) carbonio, l'idrogeno e gli atomi di ossigeno nelle specie che reagiscono vengono convertiti completamente tramite reazione chimica al vapore acqueo e all'anidride carbonica. Nel caso in cui le condizioni non promuovano l'ossidazione profonda, per esempio, a causa di un tempo di permanenza insufficiente a causa dell'aumento del flusso d'aria attraverso il reattore o la presenza di composti alogenati, il sistema PCO può produrre specie intermedie (sottoprodotti) che possono rimanere legati alla superficie del fotocatalizzatore oppure desorbire ed essere trasportati dall'aria. Quasi tutti i contaminanti organici, gassosi dell'aria interna e i microbi sono soggetti a decomposizione da parte di PCO. L'efficienza degli ossidanti catalitici dipende dai contaminanti che attraversano il dispositivo migliore in caso di composti ossigenati come alcoli, chetoni e alcune aldeidi, efficienza intermedia per aromatici e minore per i clorocarburi. La conversione PCO (o la frazione di contaminante rimosso in un unico passaggio) i tassi variano a seconda del contaminante e della progettazione del sistema, dallo 0% a quasi il 100%, con tempi di permanenza più lunghi, necessari per raggiungere maggiori efficienze (single-pass). L'efficienza dei depuratori d'aria e dei sottoprodotti PCO da essi costituiti dipende dal design del dispositivo, dall'impostazione. L'ossidazione fotocatalitica (PCO) è definita come una luce mediata, reazione redox di gas e particelle biologiche adsorbite sulla superficie di un materiale solido e semiconduttore o fotocatalizzatore composto da ossido di metallo puro o drogato. Il fotocatalizzatore più comune è TiO_2 (biossido di titanio), ma vengono utilizzati anche: ossido di zinco (ZnO), triossido di tungsteno (WO_3), biossido di zirconio (ZrO_2), solfuro di cadmio (CdS) e il TiO_2 drogato con ferro.

I dopanti (ad es. Ferro [Fe], platino [Pt], argento [Ag]), utilizzati sul fotocatalizzatore di ossido di

metallo, hanno di solito un effetto positivo sulle prestazioni. Il sistema “filtrante” a fotocatalisi, genera forme allotropiche dell'ossigeno (o specie reattive dell'ossigeno) che rimangono legate in superficie quando esposte alla luce di particolari lunghezze d'onda nell'intervallo ultravioletto (UV). Queste specie di molecole di ossigeno sono altamente reattive con gas e particelle biologiche. È possibile utilizzare una varietà di fonti di luce UV in PCO, comprese le luci nere (UV-A: onde lunghe; da 400 a 315 nm), lampade germicide (UV-C: onda corta; 280 a 200 nm) e lampade che generano ozono (vuoto UV [UV-V]: meno di 200 nm) (fonte ASHRAE).

In condizioni di reazione che consentono l'ossidazione profonda (indicata come mineralizzazione) carbonio, l'idrogeno e gli atomi di ossigeno nelle specie che reagiscono vengono convertiti completamente tramite reazione chimica al vapore acqueo e all'anidride carbonica. Nel caso in cui le condizioni non promuovano l'ossidazione profonda, per esempio, a causa di un tempo di permanenza insufficiente a causa dell'aumento del flusso d'aria attraverso il reattore o la presenza di composti alogenati, il sistema PCO può produrre specie intermedie (sottoprodotti) che possono rimanere legati alla superficie del fotocatalizzatore oppure desorbire ed essere trasportati dall'aria. Quasi tutti i contaminanti organici, gassosi dell'aria interna e i microbi sono soggetti a decomposizione da parte di PCO. L'efficienza degli ossidanti catalitici dipende dai contaminanti che attraversano il dispositivo migliore in caso di composti ossigenati come alcoli, chetoni e alcune aldeidi, efficienza intermedia per aromatici e minore per i clorocarburi. La conversione PCO (o la frazione di contaminante rimosso in un unico passaggio) i tassi variano a seconda del contaminante e della progettazione del sistema, dallo 0% a quasi il 100%, con tempi di permanenza più lunghi, necessari per raggiungere maggiori efficienze (single-pass). L'efficienza dei depuratori d'aria e dei sottoprodotti PCO da essi costituiti dipende dal design del dispositivo, dall'impostazione

10.6 Filtri dell'aria che utilizzano luce ultravioletta (UV-C)

La disinfezione da ultravioletti (UV-C) (detta anche ultravioletto l'irradiazione germicida [UVGI]) viene utilizzata per degradare il materiale organico e inattivare i microrganismi. Il sistema non è un filtro e quindi, particelle, anche se inattivate, rimangono nel flusso d'aria che, come nel caso di spore fungine morte, ad esempio, possono ancora causare una risposta umana negativa alle loro micotossine integrali. L'intervallo di lunghezze d'onda più efficace per l'inattivazione dei microrganismi è compreso tra 220 e 300 nm, con picco di efficacia vicino a 265 nm. La fonte tipica di UV-C in commercio in sistemi ad uso residenziale per l'aria e per l'acqua sono lampade a vapore di mercurio a bassa pressione, che emettono principalmente non ottimali 253,7 nm. I sistemi UV-C possono essere installati all'interno di sistemi HVAC, irradiando l'aria in transito e le superfici interne o essere incorporato in un depuratore dell'aria autonomo (portatile).

L'efficacia di un sistema UV-C per inattivare i microrganismi sulle superfici è stata ampiamente di-

mostrata: i migliori risultati sono stati ottenuti per l'irradiazione a lungo termine per evitare l'amplificazione fungina su superfici bagnate. L'esperienza suggerisce però che, in caso di un flusso d'aria in movimento e tempi di esposizione molto brevi (pochi secondi), i tassi di abbattimento non siano favorevoli a causa del breve tempo di permanenza. In condizioni ideali possono essere ottenuti inattivazione e/o tassi di abbattimento del 90% o superiori, ma dipende da: il tipo di contaminante microbico, la sua specifica specie, e poi da fattori fisici o meccanici come intensità UV-C, tempo di esposizione/permanenza, distanza lampada e posizionamento, ciclo di vita e pulizia della lampada, tipologie del movimento dell'aria, temperatura, umidità relativa e miscelazione dell'aria. La rimozione per via aerea si deve fare assieme ad una prefiltrazione delle particelle per proteggere lampade e una filtrazione a valle per particelle microbiche.

11 Confronto funzionale fra sei diversi depuratori d'aria installati su impianti

F.J. Offermann III, S.A. Loiselle, R.G. Sextro

I dispositivi canalizzati per la depurazione dell'aria possono venire applicati ai sistemi esistenti di ventilazione, con riscaldamento o raffrescamento per edifici abitativi, riducendo significativamente le concentrazioni interne di particelle inquinanti, quantunque le prove sperimentali indichino l'esistenza di ampie variazioni nella capacità di rimozione di particelle per i diversi tipi di depuratori d'aria.

I semplici filtri a pannello hanno dimostrato di essere meno efficaci con il tasso di rimozione quasi identico a quello ottenuto mediante la semplice circolazione dell'aria; in particolare, con un valore di ECR variabile da 24 a 42 m³/h per filtri a pannello, rispetto al valore di ECR pari a 24 m³/h con la sola circolazione dell'aria.

I dispositivi più efficaci sono risultati rispettivamente un filtro a tasche, con un ECR di 991 m³/h; un precipitatore elettrostatico, con un ECR di 928 m³/h; un filtro HEPA con un ECR di 712 m³/h.

Questi tre dispositivi per la depurazione dell'aria richiedono una certa modifica nella struttura metallica per la canalizzazione esistente del sistema di ventilazione, allo scopo di adattare l'impianto al depuratore. Questi dispositivi sono previsti per ridurre le concentrazioni interne di particelle inquinanti in un campo dal 75 all'80% e con un costo variabile da 0,17 a 0,33 dollari per m³/h di aria pulita, funzionando 24 ore al giorno e per 365 giorni all'anno. In contrasto, i costi relativi all'applicazione di alcuni tipi di depuratori d'aria, aventi una limitata efficacia di filtrazione, vengono valutati da 2,4 a 3,6 dollari per m³/h di aria pulita, molto vicini al costo offerto da un sistema di ventilazione a tutta aria esterna.

Tab. 1: Caratteristiche dei sei diversi dispositivi per la rimozione di particelle inquinanti

Tipo di dispositivo	Struttura del sistema	Costo unitario (a) (dollari)	Dati dei costruttori		Risultati delle prove		
			Permeabilità all'aria (b) (cfm/0.1" c.d.a.)	Efficacia dichiarata (c) (%)	Portata d'aria (d) (cfm)	ECR (e) (cfm)	Efficacia rilevata (f) (%)
Senza elementi filtranti	Solo circolazione dell'aria				962±96	14±3	±<1,0
Filtri a pannello e cattura vischiosa	Pannello in fibra di vetro a grana grossa	2,00	835	75 in peso	874±87	24±3	3±<1,0
Filtro elettrostatico passivo	Pannello in fibra di polipropilene	40,00	1200	78 in peso	861±86	14±7	2±<1,0
Filtri a superficie maggiorata e a tasche	Tasche in fibra sottile di vetro	50,00	400	95 secondo le specifiche DSE	818±82	583±31	71±8
Filtro tipo HEPA	Carta pieghettata in fibra sottile di vetro	131,00	118	99,97 secondo il metodo DOP	572±57	419±77	73±15
Precipitatori elettrostatici Filtro a piastre piane	Ritenzione su piastre metalliche	480,00	1556	90 secondo le specifiche DSE	799±80	546±46	69±9
Filtro a tampone di schiuma	Ritenzione in schiuma poliuretanic	250,00	276	73 superiore a 0,15 mm	699±70	25±2	4±<1,0

(a) I costi unitari sono dedotti dai listini 1990/91.
(b) La permeabilità iniziale all'aria viene indicata da costruttori come quantità di flusso (cfm) alla pressione di 0,1" di colonna d'acqua (25 Pa).
(c) L'efficacia di rimozione delle particelle viene indicata dai costruttori secondo le specifiche WE-ASHRAE 52-76 per la ritenzione in peso, secondo le specifiche DSE-ASHRAE 52-76 per il metodo a macchia di polvere, e secondo le norme DOP-Mil, Std.282 per il metodo basato sulla ritenzione di particelle da 0,3 mm prodotte come aerosol di diottileftalato (DOP).
(d) La portata d'aria è stata determinata con il rilevamento della pressione differenziale attraverso il gruppo di ventilazione, rapportandosi alla curva caratteristica del ventilatore.
(e) Il tasso effettivo di depurazione (ECR) equivale alla differenza tra i decadimenti in particelle con e senza depuratore d'aria, moltiplicata per il volume netto dell'aria interna.
(f) L'efficacia di sistema equivale al rapporto numerico tra ECR e la portata d'aria (cfm) attraverso il sistema di ventilazione forzata della cappa aspirante.

Costi unitari (a) \$/unità	Costi di installaz. (b) \$/unità	Costi di esercizio annuali (c) \$/anno	Costi di ventilaz. (d) \$/anno	Costi energia (e) \$/anno	Costi di manutenz. (f) \$/anno	Costi annuali totali (g)	ECR (h) cfm	Costi per cfm aria pulita (i) \$/cfm	Riduzione in particelle (l) %
0,00	0,00	0,00	92,89	0,00	0,00	92,89	14	6,64	9,1
2,00	0,00	0,10	91,91	0,00	2,00	94,01	24	3,92	14,6
40,00	0,00	2,00	91,69	0,00	0,00	93,69	14	6,69	9,1
50,00	400,00	22,50	91,83	0,00	50,00	163,33	583	0,28	80,6
131,00	350,00	24,00	80,93	0,00	131,00	235,948	419	0,56	75,0
480,00	300,00	39,00	90,38	35,04	0,00	164,42	546	0,30	79,6
250,00	50,00	15,00	87,17	12,26	0,00	114,14	25	4,58	15,2

(a) I costi unitari sono dedotti dai listini 1990/91.

(b) I costi di installazione sono determinati basandosi su una paga di lavoro pari a 50 dollari/ora.

(c) I costi annuali di esercizio tengono conto del deprezzamento lineare dell'unità originale, nonché dei costi d'impianto per 20 anni di esercizio.

(d) I costi di ventilazione sono determinati dai rilevamenti delle portate d'aria, della pressione tot. di ventilazione, dell'efficacia di ventilazione al 60%, energia = 0,10 \$/kwh, ventilatore on/100%.

(e) I costi di energia sono relativi all'alimentazione dei dispositivi elettrostatici, determinandoli per un consumo di 0,10 dollari/kwh e con l'esercizio continuo del ventilatore.

(f) I costi di manutenzione si riferiscono alla sostituzione di un filtro all'anno, tenendo conto del relativo lavoro ed altre operazioni di manutenzione, escluse quelle padronali.

(g) I costi annuali complessivi sono costituiti dalla somma dei costi di esercizio annuali, dei costi di ventilazione, di energia e di manutenzione.

(h) Il tasso effettivo di depurazione (ECR) equivale alla differenza tra i decadimenti in particelle con e senza il depuratore d'aria, moltiplicata per il volume netto dell'aria interna.

(i) I costi per cfm di aria pulita sono determinati come rapporto numerico tra i costi di esercizio annuale ed il tasso effettivo di depurazione ECR.

(l) La riduzione nella concentrazione di particelle è determinata come diminuzione rilevata nell'ambiente interno in condizioni stabili, considerato da una superficie pari a 1.500 ft² un'altezza di 8 piedi, un tasso di 0,5 ricambi/ora d'aria per infiltrazione, un tasso di deposizione delle particelle pari a 0,2/ora, nonché con una perfetta miscelazione dell'aria ambiente.

12 Metodo e metodologie per la certificazione e la verifica dei filtri dell'aria

I filtri dell'aria sono testati, classificati e omologati in funzione della dimensione, tipologia e della quantità di particelle che sono in grado di separare e trattenere.

Alcuni paesi hanno sviluppato propri standard e conseguenti modalità di verifica e classificazione dei filtri d'aria, ma solo alcuni sono accettati e riconosciuti da altre nazioni e dai loro enti di omologazione. La tipologia della prova di efficienza da eseguire sul filtro campione è dunque in relazione alla grandezza e natura fisica dell'inquinante particellare che il filtro stesso sarà chiamato ad arrestare e trattenere. Qualora il filtro venga utilizzato per separare polveri grossolane, filacce e particolati di grandi dimensioni e con masse consistenti, esso viene sottoposto al test di efficienza usando il **metodo gravimetrico**.

Se invece il filtro da provare viene utilizzato per separare particelle di piccolo diametro (PM10 polvere atmosferica) l'efficienza di filtrazione viene valutata con il **metodo opacimetrico**. Per i filtri ad altissima efficienza e assoluti, in grado cioè di trattenere particolati inferiori al micron, la loro classificazione viene determinata mediante un **conteggio particellare** con sistema ottico (LPC o OPC) o con una **reazione chimica** (Flame test – fiamma di sodio)

Le sostanze particellari campione utilizzate nelle diverse metodologie variano ovviamente a seconda delle necessità dimensionali, di tipologia e di concentrazione richieste da vari standard. Infatti ogni metodologia di certificazione richiede una determinata sostanza o miscela di sostanze da utilizzare durante lo svolgimento delle prove.

Per chiarire e semplificare i concetti fin qui espressi, analizziamo lo standard italiano, ormai superato della UNI 10339:95 (Impianti aeraulici ai fini di benessere) e la classificazione dei filtri citata in essa (Prospetto V), la quale fa riferimento alle metodologie illustrate nelle norme UNI 7832 (filtri d'aria per particelle a media efficienza) e alla UNI 7833 (filtri d'aria per particelle ad alta e altissima efficienza). Lo standard italiano UNI 10339:95 prevede 14 classi di filtro suddivise in tre campi o gradi di efficienza, i quali devono essere valutati da tre metodi di prova distinti (Tabella 1).

Tabella 1

Classe del filtro	Categoria (E)	Campo di efficienza (%)	Metodo di prova
1	(M) Media efficienza	$E < 65$	Metodo ponderale o gravimetrico
2		$65 \leq E < 80$	
3		$80 \leq E < 90$	
4		$90 \leq E$	
5	(A) Alta efficienza	$40 \leq E < 60$	Metodo opacimetrico o colorimetrico (polvere atmosferica)
6		$60 \leq E < 80$	
7		$80 \leq E < 90$	
8		$90 \leq E < 95$	
9		$95 \leq E$	
10	(AS) Altissima efficienza e filtri assoluti	$95 \leq E < 99,9$	Metodo chimico Alla fiamma di sodio
11		$99,9 \leq E < 99,97$	
12		$99,9 \leq E < 99,99$	
13		$99,9 \leq E < 99,999$	
14		$99,999 \leq E$	

12.1 La certificazione dei filtri secondo la UNI 10339:95 (ormai superata)

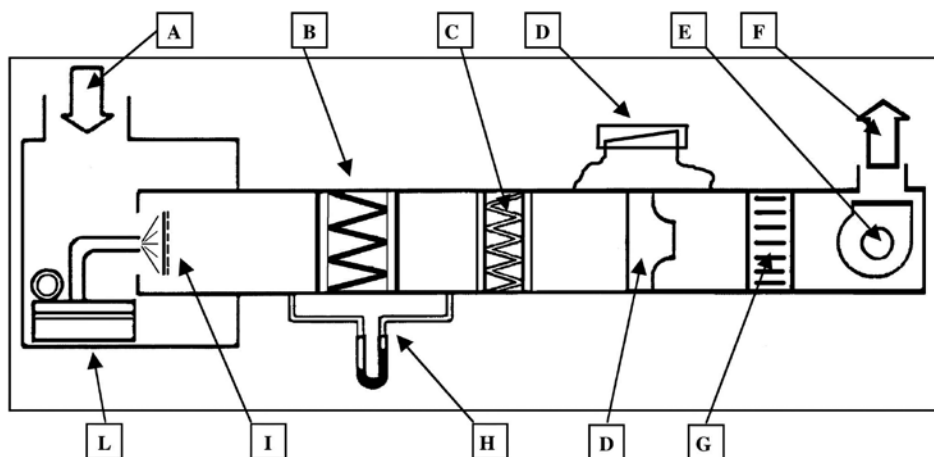
Il metodo ponderale o gravimetrico

Citato negli standard UNI 10339 e rappresentato dalla figura 1, utilizza, come sostanza campione per la prova, la polvere sintetica standardizzata, la quale è composta da una miscela di polvere fine normalizzata (72% in peso), di nerofumo (23% in peso) e di fibre di cotone (5% in peso).

La polvere sintetica viene immessa nell'aria che attraversa il circuito di prova con uno specifico metodo normalizzato e in quantità nota ed omogenea (non superiore a $< 70 \text{ mg/m}^3$).

Essa si depositerà in parte sulla superficie del filtro in prova e la rimanente parte sul filtro assoluto messo subito dopo, il quale è applicato allo scopo di trattenere tutta la frazione di polvere non trattenua dal filtro in prova stesso. La valutazione del grado di efficienza media del filtro in prova è dato quindi dalla misurazione in peso della quantità di polvere sintetica depositata sulla sua superficie in relazione e rapporto alla quantità totale aerodispersa durante la prova e confrontata con la quantità depositata sul filtro assoluto finale. Questa metodologia può essere utilizzata anche per determinare la capacità di raccolta totale delle polveri del filtro in prova, ossia quanta polvere (grammi) si può depositare sulla superficie del filtro in prova prima che esso raggiunga le perdite di carico massime stabilite dal costruttore (DP) e/o che avvenga il distacco e caduta delle polveri già depositate.

Figura 1



Legenda:

A Entrata aria

B Filtro in prova

C Filtro assoluto

D Misuratore di portata

E Ventilatore

F Uscita aria

G Raddrizzatore di filetti fluidi

H Misura della perdita di carico

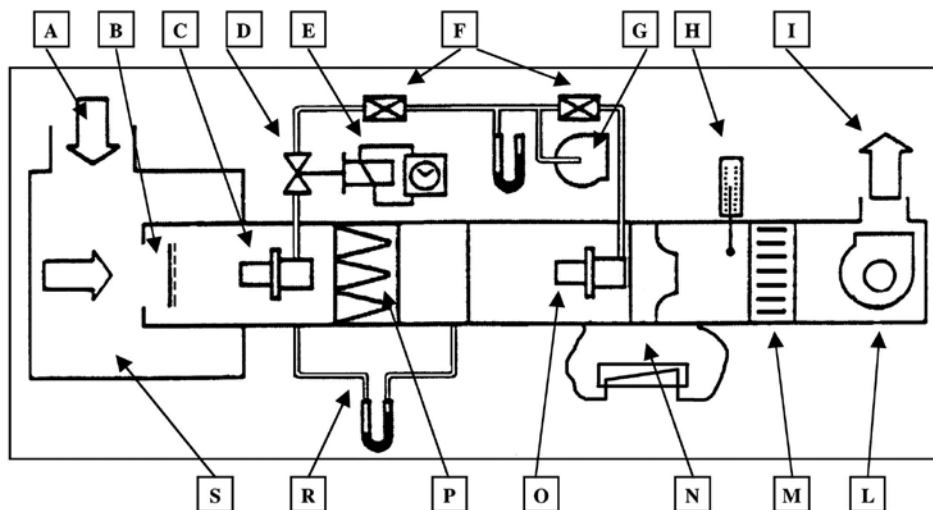
I Piastra forata di equalizzazione

L Dispersore di polvere sintetica

Il **metodo colorimetrico o opacimetrico** utilizza come sostanza campione non più la polvere sintetica, ma la **polvere atmosferica**. (figura 2) Per polvere atmosferica s'intende tutte quelle sostanze particellari che sono presenti normalmente nell'aria esterna comunemente note con il nome di "pulviscolo atmosferico".

L'aria aspirata dall'esterno e contenente il suo carico di pulviscolo, viene fatta passare attraverso il circuito di prova e quindi attraverso il filtro da valutare e certificare. Prima e dopo il filtro in prova, a distanze note, vengono posizionate due sonde di prelevamento, che contengono una membrana apposita in grado di fermare sicuramente la polvere atmosferica.

Figura 2



Legenda:

A Entrata aria	I Uscita aria
B Piastra forata di equalizzazione	L Ventilatore
C Sonda di prelievo prima del filtro	M Raddrizzatore di filetti fluidi
D Elettrovalvole	N Misuratore di portata
E Sistema di temporizzazione	O Sonda di prelievo dopo il filtro
F Contatori volumetrici	P Filtro in prova
G Pompa aspirante	R Perdite di carico filtro
H Misure termo-igrometriche	S Camera di calma

Queste membrane sono caratterizzate dallo stesso grado di opacità alla luce (riflettanza), quantificandolo con l'ausilio di uno speciale strumento, chiamato "opacimetro". Le sonde di prelevamento così equipaggiate, sono collegate a una pompa aspirante e a due rispettivi contatori volumetrici tramite delle elettrovalvole. Il contatore volumetrico è in grado di determinare la quantità d'aria che passa attraverso la relativa sonda di prelievo collegata e quindi attraverso la relativa membrana. L'aria esterna, passando in prossimità delle sonde di prelievo, deposita sulle due membrane il suo carico di pulviscolo, il quale fa così aumentare il loro grado di opacità. Dato che è facilmente prevedibile che sulla sonda posta prima del filtro in prova si depositerà una concentrazione di pulviscolo maggiore rispetto a quella posta dopo il filtro, un sistema temporizzato farà funzionare solo ad intervalli di tempo prefissati la prima sonda, contrariamente a quella dopo il filtro, che funzionerà in maniera continua.

Alla fine della prova la prima sonda sarà investita da una quantità d'aria nettamente inferiore rispetto alla seconda sonda. Questo si rende necessario affinché le rispettive membrane presentino alla fine della prova possibilmente lo stesso grado di opacità e di annerimento.

Qualora il grado di opacità delle membrane a fine prova non sia uguale e i valori letti dall'opacimetro differiscano tra loro con una percentuale maggiore del 20%, la prova va ripetuta variando i tempi di aspirazione nella prima sonda (prima del filtro) e perciò la quantità d'aria sulla prima membrana. Tutto ciò va ripetuto fino a che le due membrane non presentano, a fine prova, lo stesso grado di sporcamento e quindi lo stesso grado di opacità.

La determinazione dell'efficienza di filtrazione è data dalla relazione tra le quantità d'aria aspirate e misurate dai contatori volumetrici prima e dopo il filtro in prova dalle due rispettive sonde di prelievo. In pratica, minore è la quantità d'aria aspirata nella sonda prima del filtro, maggiore è l'efficienza del filtro in prova. Tralasciamo qui tutti gli aspetti tecnici inerenti le modalità di svolgimento della prova e le verifiche richieste della strumentazione utilizzata per semplificare e far meglio capire la soluzione tecnica adottata in questa metodologia d'indagine.

Queste due metodologie di prova dei filtri sono state elaborate dalla statunitense ASHRAE e descritte nello standard STD 52-76, sono state poi riprese dalla UNI 7832 e dalla EUROVENT con il documento 4/5. In particolare la EUROVENT, in funzione dei metodi appena descritti, ha redatto una classificazione illustrata nella tabella seguente:

Classificazione secondo EUROVENT 4/5		
Classe del filtro	(A) Arrestanza media (metodo gravimetrico)	(E) Efficienza media (metodo colorimetrico)
EU - 1	$A < 65$	-
EU - 2	$65 \leq A < 80$	-
EU - 3	$80 \leq A < 90$	-
EU - 4	$A < 90$	-
EU - 5	-	$40 \leq E < 60$
EU - 6	-	$60 \leq E < 80$
EU - 7	-	$80 \leq E < 90$
EU - 8	-	$90 \leq E < 95$
EU - 9	-	$E \leq 95$

Queste due prime classificazioni dei filtri a media e alta efficienza appena descritte, sono poi state conglobate e normate a livello europeo con lo standard EN 779 del 1995.

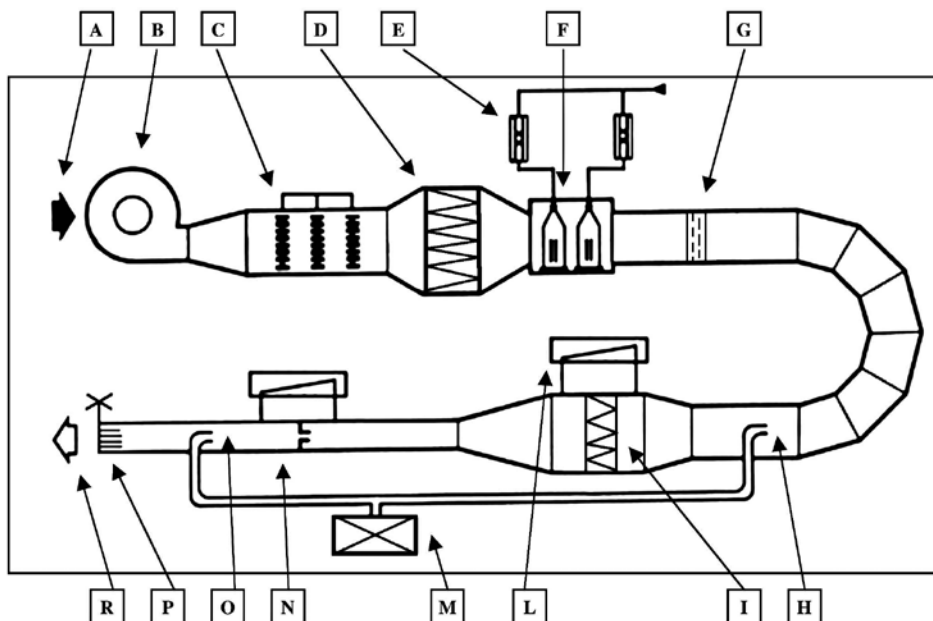
Classificazione secondo la norma europea EN 779			
Efficienza iniziale colorimetrico (EA)		EA < 20%	EA ³ 20%
Caratteristiche		Efficienza media ponderale Am (%)	Efficienza media colorimetrico Em (%)
Gruppo di filtro	Classe di filtro	Limiti della classe	
Polvere grossa (G)	G 1	Am < 65	-
	G 2	65 ≤ Am < 80	-
	G 3	80 ≤ Am < 90	-
	G 4	Am ≤ 90	-
Polvere fine (F)	F 5	-	40 ≤ Em < 60
	F 6	-	60 ≤ Em < 80
	F 7	-	80 ≤ Em < 90
	F 8	-	90 ≤ Em < 95
	F 9	-	Em ≤ 95

Per la classificazione dei filtri ad altissima efficienza e assoluti, la UNI 10339:95 citava la metodologia della fiamma di sodio (sodium flame test) (Figura 3). La sostanza campione utilizzata è il cloruro di sodio diluito in acqua in concentrazione del 2%. La soluzione salina così ottenuta viene fatta evaporare e quando l'acqua viene eliminata, rimangono in sospensione nell'aria solo particelle di sale, le quali hanno un diametro medio di circa 0,6 micron.

L'aria che passa nel circuito di prova viene prima prelevata dall'esterno, ne vengono poi eliminate tutte le particelle presenti mediante filtri assoluti e infine trattata termicamente. Alla fine di questo trattamento, l'aria viene "inquinata" con i cristalli di sale con appositi polverizzatori (atomizers) e opportunamente miscelata al fine di ottenere concentrazioni omogenee.

Due sonde poste prima e dopo il filtro in prova, prelevano quantità d'aria prestabile e la inviano ad un bruciatore di metano o idrogeno come aria comburente. La fiamma che ne deriva viene letta da un fotometro, il quale è in grado di valutare la concentrazione di sale presente in funzione dell'intensità spettrale del sodio emesso dalla fiamma stessa.

Le variazioni della linea spettrale del sodio forniscono un valore utile per determinare l'efficienza del filtro in prova nei confronti di particelle che hanno diametri simili ai cristalli di sodio. L'efficienza del filtro in prova quindi, è proporzionale alla differenza di concentrazione delle particelle di sodio rilevate dalle due sonde di prelievo messe una prima e l'altra dopo il filtro in prova.



Legenda:

A Entrata aria	I Filtro in prova
B Ventilatore	L Perdite di carico filtro
C Batteria di riscaldamento	M Fotometro di fiamma
D Filtro assoluto	N Misuratore di portata
E Flussometri	O Sonda di prelievo dopo il filtro
F Polverizzatori	P Regolazione della portata
G Schermo di miscelazione aria	R Uscita aria
H Sonda di prelievo prima del filtro	

Questa metodologia è stata sviluppata e messa a punto in Gran Bretagna e redatta nello standard BS-3928, ripresa in seguito dalla EUROVENT e conosciuta come documento 4/4. Le classificazioni dei filtri descritte nella UNI 7833 illustrano tre diverse metodologie di indagine e precisamente:

- metodo al DOP
- metodo ai nuclei di condensazione
- metodo all'uranina.

Tutti questi metodi sono rivolti alla certificazione di filtri ad altissima efficienza e non si fa cenno al metodo appena descritto (fiamma di sodio) come invece sembrava riferirsi la UNI 10339:95.

In ogni caso questo metodo non è più utilizzato, in quanto fonte di numerose contestazioni e da risultati troppo spesso discordanti.

Anche le tre metodologie citate nella UNI 7833 sono ormai obsolete e superate dai recenti standard europei quali EN-779 del 2012 e dal EN-1822.x e dallo standard statunitense ASHRAE STD 52.2.

12.2 Gli standards europei EN 779 e EN 1822

Questi nuovi metodi di classificazione dei filtri vanno ad aggiornare in maniera particolare le classi dei filtri ad alta, altissima efficienza e assoluti, mentre per le classi inferiori rimane valido il metodo ponderale o gravimetrico precedentemente descritto per sommi capi e basato sullo standard americano ANSI/ASHRAE 52.1 del 1992.

La nuova certificazione dei filtri descritta nella recente norma europea EN 779 – 2012 (Filtri per la pulizia dell'aria in genere) sostituisce e aggiorna la UN 779-1995. Questo standard europeo si basa sulla metodologia di prova del documento EUROVENT 4/9 del 1997.

Con questa metodologia la determinazione dell'efficienza del filtro in prova non si basa più sulla sua capacità di trattenere le sostanze citate nella superata UNI 10339:95 (DOP, uranina, NaCl, pulviscolo atmosferico) ma sulle sue capacità di separare dall'aria uno speciale "olio", chiamato per semplicità con l'acronimo DEHS (Di-Ethyl-Hexyl-Sebacato). Il DEHS è un aerosol liquido molto facile da generare alle necessarie concentrazioni e nelle dimensioni di particelle richieste dalla norma stessa. In particolare, la dimensione di riferimento della particella per la determinazione dell'efficienza del filtro (F) in prova è il diametro 0,4 micron. La caratterizzazione del filtro in prova non si limita però a questa sola dimensione, ma è estesa anche alle frazioni dimensionali che vanno da 0,2 a 3 micron (efficienza spettrale). Infatti nella descrizione delle prestazioni del filtro viene allegata una tabella che evidenzia le sue "efficienze frazionali" nei confronti delle varie dimensioni, in un ventaglio di diametri che vanno da 0,2 a 3 micron. La determinazione dell'efficienza avviene tramite il conteggio delle particelle che transitano nel circuito di prova.

Esse vengono catturate da due sonde di prelievo, poste prima e dopo il filtro in prova. Il conteggio è effettuato da uno strumento detto "contatore di particelle", il quale si basa sulla rifrazione della luce provocata dalle particelle che passano all'interno del suo sistema ottico (OPC) o laser (LPC) di lettura. Tale strumento è in grado di contare una determinata concentrazione di particelle in funzione del loro diametro aeraulico, fornendo dati numerici (n° particelle/litro o piedecubo) per più diametri contemporaneamente.

L'efficienza del filtro è data dal rapporto tra il numero di particelle di un determinato diametro che vengono lette prima e dopo il filtro in prova. In pratica, se prima del filtro vengono contate n° 100 part. da 0,4 micron e dopo il filtro ne vengono contate n°10 part., l'efficienza risulterà essere del 90% e verrà classificata come F8. Se, invece, l'efficienza media del filtro in prova risulta essere minore del 40%, essa

va inserita nella classe denominata "G" e testata con la procedura ponderale o gravimetrica, determinando la sua "arrestanza media" attraverso l'impiego della polvere artificiale sopra menzionata e con modalità descritte nella norma stessa.

Dato che i filtri normalmente aumentano la loro efficienza in funzione del deposito di particelle sulla loro superficie, per il principio che la "polvere filtra la polvere", la norma EN 779-2012 prevede che l'efficienza sia determinata contemporaneamente da diversi valori di perdite di carico che ne testimoniano lo stato di sporcamiento durante la normale vita operativa.

Quindi i valori d'efficienza del filtro sono subordinati a determinati e predefiniti valori di perdita di pressione dovuti ad uno sporcamiento artificiale del filtro. Questo sporcamiento artificiale è ottenuto mediante l'utilizzo della polvere sintetica, la quale è immessa nel circuito di prova con tempi, modalità e concentrazioni stabilite e descritte nella norma stessa. L'efficienza così certificata prenderà la forma di una curva che, partendo da un valore iniziale (efficienza iniziale) relativamente più basso, aumenterà fino al raggiungimento della massima perdita di carico presa a riferimento, e cioè di 450 Pa. La lettura dell'efficienza, in relazione al diametro particellare di 0,4 micron, che si ottiene al raggiungimento dei 450 Pascal, sarà la classe di filtrazione che caratterizzerà il filtro stesso (F5-F9). Qualora il filtro non arrivasse a questo valore di perdita di carico, a causa della tipologia di costruzione o per altri motivi di fabbricazione, la marcatura del filtro dovrà prevedere non solo la classe di appartenenza (F5, F6, ... F9), ma anche il valore della perdita di carico con cui quell'efficienza è stata ottenuta, per esempio "F8 (200Pa)".

In sintesi, il filtro deve riportare con marchiatura indelebile tutti quei parametri che si discostano da quelli di riferimento come, ad esempio, la portata (m³/sec.), i Pascal, ecc.. Anche la classe di filtrazione "G" è riferita a valori diversi di perdita di pressione, con un valore limite di riferimento di 250 Pascal. La suddivisione dei filtri a seconda della loro efficienza frazionale aiuta l'utilizzatore nella scelta del più adatto, in relazione alla tipologia di inquinante da eliminare.

Naturalmente si deve considerare che le prestazioni dei filtri così certificati sono riferite a determinate perdite di pressione raggiunte e che quindi, in condizioni iniziali (filtro nuovo), esse sono sicuramente inferiori a quelle dichiarate e stampate sul filtro stesso. Perciò è opportuno e consigliabile richiedere sempre al produttore il certificato completo delle prove sostenute e dei risultati ottenuti per ogni tipo di filtro.

Fig. 1: La classificazione dei filtri secondo la norma EN 779 (2002-2005)

Classificazione dei filtri in base alla norma europea EN 779			
Classe di filtrazione	Differenza di pressione finale Pa	Arrestanza media con polvere sintetica Am (%)	Efficienza media con particelle da 0,4 µm (DEHS) Em (%)
G 1	250	$50 \leq Am < 65$	-
G 2	250	$65 \leq Am < 80$	-
G 3	250	$80 \leq Am < 90$	-
G 4	250	$90 \leq Am$	-
F 5	450	-	$40 \leq Em < 60$
F 6	450	-	$60 \leq Em < 80$
F 7	450	-	$80 \leq Em < 90$
F 8	450	-	$90 \leq Em < 95$
F 9	450	-	$95 \leq Em$

La figura 1 descrive la classificazione dei filtri in base alla norma europea EN 779. La loro classificazione varia a secondo del loro potere di separazione (F) in relazione ad una particella avente un diametro 0,4 micron di una sostanza marker (DEHS). Il valore di efficienza viene espresso come valore medio tra quando il filtro è nuovo, quindi la sua efficienza è bassa, e quando ha raggiunto la sua perdita di carico massima, cioè quando la sua efficienza è massima (vedi fig. 2). Nel caso in cui il filtro in prova non raggiunga il 20% di efficienza iniziale, esso sarà classificato nelle categorie "G" e verrà valutato con un altro sistema di valutazione, il quale prevede l'utilizzo di una polvere sintetica e di una valutazione di ordine gravimetrico e non più numerico. Quindi è bene sapere che l'efficienza di un filtro nuovo è inferiore a quella espressa dalla sua valutazione media impressa sul filtro stesso. Comunque, in caso di richiesta, il produttore del filtro in questione è tenuto a mostrare il verbale di prova che illustra tutte le efficienze riportate durante la prova di certificazione europea.

Questa nuova norma contempla tutte le tipologie e classi di filtro, dalla bassa alla media e all'alta efficienza, le quali sono realizzate e costruite con materiali diversi tra loro, come le fibre artificiali (poliestere, polipropilene, ecc.), le fibre minerali (lana di vetro), la carta, ecc.

I produttori di filtri con fibre artificiali o sintetiche, per aumentare l'efficienza dei loro media a parità di perdita di carico, polarizzano le fibre in fase di produzione. Come precedentemente detto, queste cariche tendono a scomparire nel tempo e quindi possono falsare la classificazione ottenuta in fase di certificazione. Per evitare questo fenomeno, la EN 779 prevede che tutti i filtri in prova vengano sottoposti ad un particolare trattamento antistatico che elimina le cariche elettriche sulle fibre del filtro, simulando così il loro reale funzionamento in condizioni tipiche e nel tempo.

EN 779:2002 - Efficiency after different dust loading phases

Air filter: WBF Leader 100

Test no.: 12345

Test aerosol: DEHS

Air flow rate: 0,944 m³/h

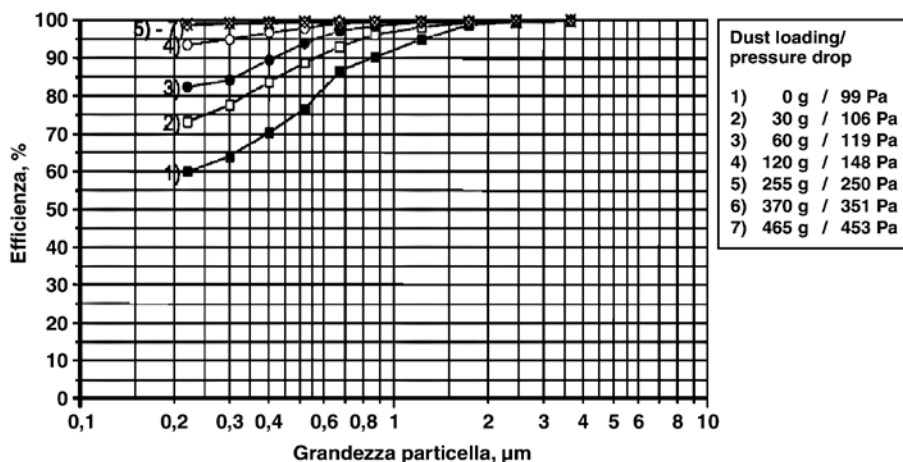


Fig. 2: La variazione dell'efficienza in funzione dello sporcamento del filtro in prova e dell'aumento delle perdite di carico che ne derivano

Com'è naturale, i produttori che utilizzano fibre sintetiche non erano d'accordo con questa impostazione della norma. La fibra sintetica è sempre più utilizzata nella costruzione dei filtri; essa ha qualità meccaniche e aerauliche superiori alla fibra minerale, quest'ultima infatti va protetta con microreti sintetiche come i non-tessuti di poliestere, per impedire che parti di fibra, data la sua fragilità, possano essere rilasciate in aria e rappresentare un pericolo per le persone che le inalano.

12.3 La norma UNI EN 779 revisionata nel 2012

Riportiamo qui il parere del CTI (Comitato Termotecnico Italiano) e di UNI (l'Ente italiano di normazione) in merito alla pubblicazione della revisione della 779 nel 2012 e alle critiche fondate in merito agli aspetti negativi, equivoci e poco utili che le modalità di prova approvata in sede CEN (Commissione Europea di Normazione) possono comportare.

“La Norma EN 779, pur se con il parere negativo formalmente espresso dall'UNI-CTI a causa dell'uso dell'efficienza media per la classificazione dei filtri, è stata aggiornata nel 2012.

La stessa norma impone che, nel rapporto di prova dei filtri “fini” (classi F7, F8, F9), venga dichiarato il valore dell’efficienza minima, vale a dire il dato peggiore misurato dal laboratorio tra i seguenti:

- Efficienza iniziale (a filtro nuovo) con DEHS.
- Efficienza iniziale misurata su un campione di materiale filtrante dopo la rimozione “artificiale” delle eventuali cariche elettrostatiche presenti sul materiale filtrante.
- Minima efficienza fra quelle misurate sul filtro sporco.

La classificazione dei filtri fini, pur rimanendo agganciata all’efficienza media misurata in laboratorio di cui si è detto ampiamente, ora si presenta come nella tabella a fondo pagina. La novità sta all’ultima colonna della tabella di classificazione, che ora riporta anche i valori soglia di efficienza minima tollerata per ciascuna classe dei filtri del gruppo F, i quali sono rispettivamente: $\geq 35\%$ (classe F7), $\geq 55\%$ (classe F8), $\geq 70\%$ (classe F9). In altre parole, la norma in vigore ammette, per un dato filtro, poniamo di classe certificata F7 (al quale si attribuisce un’efficienza media da 80% a 90%), un valore minimo compatibile $\geq 35\%$. È facile rendersi conto che la attuale EN 779:2012, pur se migliorata rispetto alla precedente edizione, non dà alcuna certezza su cui fare affidamento in merito al raggiungimento effettivo di un dato livello pulizia dell’aria, a valle di questa o quella classe di filtri finali.

Possiamo riassumere brevemente nei punti seguenti:

- Nessuna corrispondenza reale tra la polvere standardizzata ASHRAE e la polvere ambientale esterna
- Diverso comportamento dei filtri in prova in merito alla loro efficienza superficiale e profonda
- Abolizione della classificazione in merito all’efficienza media perché fuorviante e non rispondente alle esigenze di qualità dell’aria richiesta dalle normative sulla ventilazione
- Introduzione dell’efficienza iniziale o minima su tutte le categorie di classi, sia G che F
- Informazioni non chiare ma ambigue fornite agli operatori di settore.

Classificazione dei filtri in base alla revisione della norma europea EN 779:2012				
Classe di filtrazione	Differenza di pressione finale Pa	Arrestanza media con polvere sintetica Am (%)	Efficienza media particelle da 0,4 µm (DEHS) Em (%)	Efficienza minima% particelle con dimensione 0,4 µm
G 1	250	$50 \leq Am < 65$	-	-
G 2	250	$65 \leq Am < 80$	-	-
G 3	250	$80 \leq Am < 90$	-	-
G 4	250	$90 \leq Am$	-	-
E 5	450	-	$40 \leq Em < 60$	-
E 6	450	-	$60 \leq Em < 80$	-
F 7	450	-	$80 \leq Em < 90$	≥ 35
F 8	450	-	$90 \leq Em < 95$	≥ 55
F 9	450	-	$95 \leq Em$	≥ 70

12.4 Norma UNI EN 1822

Per la classificazione dei filtri ad altissima efficienza e assoluti vi è una ulteriore metodologia da utilizzare: la recente e aggiornata norma europea denominata EN 1822.

Questo nuovo standard europeo è costituito in 5 parti ed è destinato alla classificazione dei filtri HEPA (High Efficiency Particulate Air filters) e ULPA (Ultra Low Penetration Air filters). La sua metodologia di classificazione si basa sul conteggio delle particelle con un diametro compreso tra 0,15 e 0,3 micron che riescono a passare attraverso il filtro in prova che è conosciuta con la sigla MPPS (Most Penetrating Particle Size). I filtri classificati con questa metodologia sono utilizzati negli impianti di ventilazione e di climatizzazione o in determinati processi tecnologici che richiedono particolari condizioni di pulizia dell'aria ambiente, quali ad esempio: camere bianche per usi sanitari e industriali, applicazioni nucleari e farmaceutiche.

La dimensione scelta dall'ente normatore per le particelle di riferimento, utilizzate in questa metodologia, ha una ragione ben precisa. Infatti questi diametri particellari sono i più difficili da trattenere con gli attuali e precedentemente descritti sistemi filtranti. Particelle con diametro inferiore e maggiore sono più agevolmente trattenute dalle fibre dei filtri, come dimostrano diversi studi e ricerche effettuate in materia.

Classificazione dei filtri HEPA e ULPA secondo la EN 1822:2009				
Classe del filtro	Efficienza media su tutta la superficie del filtro (Overall efficiency value)		Efficienza in uno specifico punto del filtro (Local efficiency value)	
	Efficienza (%)	Penetrazione (%)	Efficienza (%)	Penetrazione (%)
E 10	85	15	-	-
E 11	95	5	-	-
E 12	99,5	0,5	-	-
H 13	99,95	0,05	99,75	0,25
H 14	99,995	0,005	99,975	0,025
U 15	99,9995	0,0005	99,9975	0,0025
U 16	99,99995	0,00005	99,99975	0,00025
U 17	99,999995	0,000005	99,9999	0,0001

Come si nota dalla tabella, l'efficienza del filtro in prova è espressa con due valori: l'efficienza media su tutta la superficie del filtro e l'efficienza minima in uno specifico punto del filtro.

Questo secondo dato viene ottenuto rilevando, mediante una scansione superficiale automatica, eventuali "difetti" del filtro che ne pregiudicherebbero le prestazioni.

In pratica, la sonda di prelievo posta dopo il filtro non è tenuta ferma in una determinata posizione rispetto alla superficie del filtro in prova, ma viene fatta muovere in una "griglia virtuale" in cui la superficie stessa è suddivisa. Ciò permette di rilevare concentrazioni particellari differenti da punto a punto della superficie del filtro stesso, cosa impossibile con la sonda posizionata fissa e in centro al flusso dell'aria nel circuito di prova (conta concentrazione media). Questa determinazione dell'efficienza su innumerevoli punti della superficie filtrante è utile per l'individuazione e la localizzazione di eventuali difettosità di produzione del filtro e inoltre permette anche un'eventuale riparazione volta a ripristinare le prestazioni volute. Le sostanze traccianti utilizzate per determinare queste classi di filtrazione sono degli "oli" particolari quali, ad esempio il DEHS descritto in precedenza, il DOP (Di-Octyl-Phthalato), l'olio di paraffina, i quali hanno quelle caratteristiche dimensionali, fisiche e chimiche necessarie per essere le più rappresentative possibile delle sostanze che il filtro sarà chiamato a fermare durante il suo normale utilizzo. In pratica, questi filtri devono fermare tutto tranne l'aria e le sostanze gassose, quindi devono avere prestazioni simili nei confronti di ogni tipo di inquinante particolato. Essi sono caratterizzati da una perdita di pressione elevata, anche da nuovi, da un telaio robusto e affidabile che non rilascia particelle con l'azione abrasiva dell'aria e dotato di una guarnizione perimetrale che impedisce il by-pass dell'aria tra il telaio stesso e il suo alloggiamento durante tutta la sua vita operativa, anche in presenza di elevate differenze di pressione.

Nel 2011 è stata pubblicata la ISO 29463, derivata, come dice l'introduzione alla norma stessa, dalla EN 1822 con alcune modifiche introdotte per venire incontro alle necessità dei Paesi non Europei, quali la possibilità di utilizzare il fotometro per il "leak test". Come si può notare, la classificazione della ISO 29463:2011 è sostanzialmente paragonabile a quella della EN 1822 pur con un maggiore dettaglio che contempera le esigenze del mercato europeo e di quello americano.

Classe EN 1822	Classe ISO 29463	Valore globale		Valore locale	
		Efficienza (%)	Penetrazione (%)	Efficienza (%)	Penetrazione (%)
E 10		> 85	< 15	-	-
E 11	ISO 15 E	> 95	< 5	-	-
	ISO 20 E	≥ 99	≤ 1		
E 12	ISO 25 E	≥ 99,5	≤ 0,5	-	-
	ISO 30 E	≥ 99,90	≤ 0,1		
H 13	ISO 35 H	≥ 99,95	≤ 0,05	≥ 99,75	≤ 0,25
	ISO 40 H	≥ 99,99	≤ 0,01	≥ 99,95	≤ 0,05
H 14	ISO 45 H	≥ 99,995	≤ 0,005	≥ 99,975	≤ 0,025
	ISO 50 U	≥ 99,999	≤ 0,001	≥ 99,995	≤ 0,005
U 15	ISO 55 U	≥ 99,9995	≤ 0,0005	≥ 99,9995	≤ 0,0025
	ISO 60 U	≥ 99,9999	≤ 0,0001	≥ 99,9975	≤ 0,0005
U 16	ISO 65 U	≥ 99,99995	≤ 0,00005	≥ 99,99975	≤ 0,00025
	ISO 70 U	≥ 99,99999	≤ 0,00001	≥ 99,9999	≤ 0,0001
U 17	ISO 75 U	≥ 99,999995	≤ 0,000005	≥ 99,9999	≤ 0,0001

(fonte Dossier CTI n°20)

12.5 ASHRAE standard STD 52.2

La certificazione dei filtri statunitense descritta nella recente STD 52.2 ASHRAE nel 1999 è molto simile alla europea EN 779-2000 descritta precedentemente, ma presenta alcune diversità concettuali che fanno capire il differente approccio che hanno gli enti normatori dei rispettivi continenti sul medesimo problema. Sia lo standard europeo che quello americano forniscono valori di efficienza frazionali, ossia il resoconto di prova per ogni tipo di filtro deve essere illustrato e rappresentato da un grafico che mostri l'efficienza del filtro in relazione alla dimensione della particella presa in considerazione. Ma, mentre per lo standard europeo le dimensioni particellari di riferimento coprono una dimensione che va da 0,3 a 3 micron, per lo standard americano queste dimensioni, sono comprese tra lo 0.3 e i 10 micron. La sostanza tracciante di riferimento presa a campione per lo svolgimento delle prove dallo standard americano STD 52.2 è il cloruro di potassio (KCl) diluito in

acqua. Entrambi gli standard legano le prestazioni di efficienza di separazione dei filtri alle perdite di carico prodotte nel tempo. La EN 779 lega l'efficienza da dichiarare da parte del produttore al raggiungimento della perdita di carico predeterminata (250Pa per la classe G e 450 Pa per la classe F), mentre per lo standard STD 52.2 l'efficienza di filtrazione da dichiarare è la minore di quelle rilevate in prova ed è espressa in MERV (Minimum Efficiency Reporting Value).

Classificazione dei filtri secondo la ASHRAE STD 52.2 del 1999					
MERV	Efficienza media (%) in relazione ad una gamma dimensionale delle particelle (µm)			Arrestanza media Am (%) Secondo STD 52.1	Minima perdita di carico finale (Pa)
	Gamma 1 da 0,3 a 1 µm	Gamma 2 da 1 a 3 µm	Gamma 3 da 3 a 10 µm		
1	-	-	E3 < 20	Am < 65	75
2	-	-	E3 < 20	65 ≤ Am < 70	75
3	-	-	E3 < 20	70 ≤ Am < 75	75
4	-	-	E3 < 20	75 ≤ Am	75
5	-	-	20 ≤ E3 < 35	-	150
6	-	-	35 ≤ E3 < 50	-	150
7	-	-	50 ≤ E3 < 70	-	150
8	-	-	70 ≤ E3	-	150
9	-	E2 < 50	85 ≤ E3	-	250
10	-	50 ≤ E2 < 65	85 ≤ E3	-	250
11	-	65 ≤ E2 < 80	85 ≤ E3	-	250
12	-	80 ≤ E2	90 ≤ E3	-	250
13	E1 < 75	90 ≤ E2	90 ≤ E3	-	350
14	75 ≤ E1 < 85	90 ≤ E2	90 ≤ E3	-	350
15	85 ≤ E1 < 95	90 ≤ E2	90 ≤ E3	-	350
16	95 ≤ E1	90 ≤ E2	95 ≤ E3	-	350

Oltre a ciò, le fibre del filtro in prova non vengono sottoposte ad un processo di "scarica" per annullare eventuali cariche elettrostatiche presenti, come invece è previsto nella EN 779- 2012.

Il normatore americano fa solo presente che, nel caso in cui si utilizzino filtri con media filtrante pre-caricato, la classe di filtrazione espressa in MERV può essere più elevata rispetto alle reali prestazioni che il filtro stesso è in grado di avere e mantenere nel tempo. In definitiva, se si usa un filtro che ha delle alte prestazioni, in quanto sfrutta le cariche elettrostatiche depositate sulle sue fibre in modo artificiale, esso non potrà garantire le stesse efficienze di separazione una volta che queste cariche sono state annullate con l'uso e lo sporcamento che ne deriva.

12.6 La classificazione dei filtri elettronici

Nessuna delle certificazioni sopra descritte può essere utilizzata per determinare l'efficienza di filtrazione di un filtro elettrostatico o elettronico. Infatti la metodologia di certificazione utilizzata dagli standard descritti e, soprattutto, le sostanze utilizzate come campione di prova non sono rappresentative di tutte le sostanze inquinanti che tali filtri sono chiamati a trattenere.

Il motivo principale è nel diverso sistema o principio filtrante utilizzato dai media elettrostatici. La dimensione delle particelle è il parametro comune e il più importante che determina la classificazione dei filtri secondo gli standard internazionali. La natura fisica e elettrica delle sostanze aerodisperse è invece la discriminante ai fini della certificazione di efficienza dei filtri elettronici. Il valore dimensionale delle particelle può essere un dato e un sistema di classificazione di tutte le sostanze inquinanti, anche le più diverse fra loro, quindi, se il filtro in prova risulta essere efficace per i particolati di un determinato diametro di una qualsiasi sostanza, esso, in teoria, sarà ugualmente efficace nei confronti di altre sostanze, purché siano composte da particelle di pari diametro a quella utilizzata come campione.

Questo fatto non è valido e non può perciò essere utilizzato con filtri che sfruttano la cattura e la deposizione elettrostatica per separare le particelle dall'aria.

Infatti questo principio, in linea generale, agisce solo sulle proprietà elettriche delle particelle e non sul loro volume. Più la particella è piccola e meglio viene influenzata dalla carica elettrica a cui viene sottoposta da un filtro elettrostatico e quindi più facilmente viene trattenuta. Se la particella ha un diametro grande (> di 10-15 micron), e quindi presenta una massa (peso) relativamente grande, le cariche elettriche generate sulla sua superficie possono non essere sufficienti a vincere la loro forza d'inerzia prodotta dalla velocità dell'aria che le trasporta. Inoltre, la resistività (resistenza elettrica specifica di ogni sostanza Ohm/metro) che caratterizza ogni particella fa reagire, a seconda del suo valore, ogni sostanza in maniera differente anche se sottoposta allo stesso campo ionizzante e/o elettrico. Sostanze che hanno in pratica un valore di resistività molto alto (materiali isolanti) o molto basso (materiali buoni conduttori) non sono facilmente separabili dall'aria con sistemi elettrostatici se non con un preliminare e apposito trattamento. Comunque, le particelle presenti in aria sono, quasi per la totalità, appartenenti a sostanze che presentano resistività che favorisce la loro cattura con questi sistemi.

Alla luce di quanto detto, se si certificasse un filtro elettronico con la metodologia EN 779-2012, il risultato sarebbe indicativo solo della sua efficienza nei confronti del DEHS e non sarebbe valido e veritiero nei confronti del pulviscolo atmosferico o del DOP o del fumo di tabacco, anche se queste sostanze presentano pressappoco lo stesso diametro medio di particolato. Metodologie diverse d'indagine vanno quindi trovate e standardizzate per poter classificare in modo reale, verificabile e riproducibile questa tipologia di filtri. Alcune nazioni (USA, Francia, Danimarca, Giappone, ecc.),

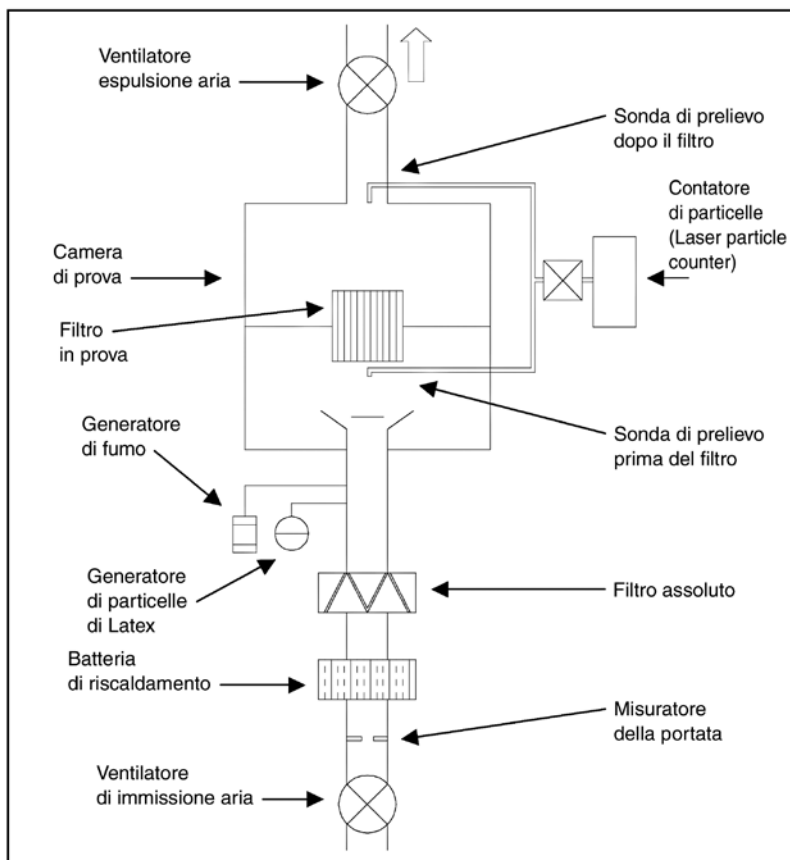
tramite propri enti o centri di ricerca, hanno messo a punto propri sistemi di valutazione in grado di determinare efficienze di valore comparativo tra diversi filtri elettronici o elettrostatici. Dato che la sostanza di riferimento campione non è ancora stata trovata, per le ragioni sopra espresse, e poiché solitamente il filtro elettronico viene utilizzato per filtrare fumo di tabacco, si è pensato di utilizzare proprio il fumo di tabacco come sostanza di riferimento e discriminante ai fini di valutare la vera efficacia di questi sistemi filtranti.

Il fumo di tabacco è composto da particelle di diversa natura e concentrazione, le quali hanno un diametro inferiore al micron, con una dimensione media che va dallo 0,08 allo 0,6 micron, a seconda del tempo di permanenza in aria e dal tipo di sorgente. Inoltre, il fumo di tabacco rappresenta una delle sostanze più difficili da filtrare e trattenere data la sua particolare natura chimico-fisica.

Il centro francese CETIAT (Centre Technique des Industries Aéronautiques et Thermiques) ha elaborato un proprio specifico metodo d'indagine per determinare l'efficienza di filtri elettrostatici. Le sostanze utilizzate come campione sono il fumo di tabacco in fogli e le sfere di Latex. Il fumo di tabacco è generato in concentrazione voluta e controllata, come anche l'aerosol di acetato di vinile polimerico (sfere di latex).

L'efficienza viene valutata contando le particelle in funzione del loro diametro prima e dopo aver attraversato il filtro elettronico in prova, il quale è situato in una piccola e apposita camera sperimentale di 14 metri cubi di volume.

Linea di campionamento secondo la metodologia del CETIAT



La camera di prova è divisa in due parti uguali, dove nella prima si forma una concentrazione media della sostanza in prova generata e nella seconda la concentrazione media che si forma dopo il filtro in prova. Tipicamente i risultati di efficienza di un filtro elettronico forniscono valori diversi a seconda della sostanza utilizzata; questi valori sono migliori quando si utilizza il fumo di tabacco rispetto a quando la sostanza campione sono le sfere di latex. Questa linea di campionamento fornisce solo dati comparativi e non assoluti, in quanto non è in grado di stabilire, con metodo standardizzato, l'efficienza strumentale del filtro elettronico in prova (differenza tra la concentrazione in ingresso e quella in uscita). Sostituendo il filtro in prova con altri, essa può fornire dati reali e verificabili, comparandoli con i risultati ottenuti utilizzando altri sistemi filtranti elettronici e non. Ovviamente i risultati ottenuti sono concreti e validi unicamente in relazione alle sostanze campione utilizzate e alle altre sostanze aventi proprietà organo-elettriche simili.

12.7 La nuova norma UNI per i filtri elettronici a piastre attive UNI 11254:2007

Le procedure descritte in questo standard sono state sviluppate allo scopo di valutare le prestazioni di filtri per aria elettrostatici adatti per essere inseriti all'interno di condotte di ventilazione, macchine ventilanti in genere, terminali e diffusori, oppure in depuratori d'aria da installazione, moduli filtranti ecc.

I filtri elettrostatici (precipitatori) possono essere a uno o a più stadi (mono o politensione): sono ammessi dallo standard i filtri media caricati attivamente (cioè che necessitano di una apposita regolazione e alimentazione elettronica); non sono ammessi filtri di tipo in fibra precaricata (elettrete) o dotati di carica elettrostatica passiva.

12.7.1 La loro Classificazione

Il criterio di classificazione è adottato in base a valori di efficienza media nei confronti di particelle del diametro di $0,4 \mu\text{m}$ di DiEthylHexylSebacate (DEHS).

In base alla particolare efficienza dei filtri elettrostatici, è stabilito un valore limite minimo di efficienza iniziale pari all'80% per poter accedere alla classificazione.

Sono stabilite 4 classi di efficienza, A, B, C e D in ordine di efficienza media decrescente:

$A \geq 99\%$; $95\% \leq B < 99\%$; $90\% \leq C < 95\%$; $80\% \leq D < 90\%$.

I diversi filtri sono classificati anche in base alla caduta di pressione iniziale (deve essere possibile distinguere tra filtri elettrostatici "puri", cioè dotati di piastre di raccolta contrapposte piane e non, e filtri dotati di media con carica elettrostatica attiva o di tipo misto). Per questo motivo sono stabiliti due criteri di classificazione in base alla caduta di pressione iniziale: PE, caratterizzato da perdite di carico $\leq 30 \text{ Pa}$; EM, caratterizzato da perdite di carico $\geq 30 \text{ Pa}$. Il valore di caduta di pressione deve essere rilevato alla portata nominale dichiarata dal costruttore e alla fine dello sporcamiento artificiale.

La prova di efficienza iniziale dovrà essere eseguita alla portata nominale dichiarata dal costruttore. La validità del certificato di classificazione rilasciato al termine delle prove è legata all'osservanza, da parte del costruttore, dei parametri di funzionamento nominali di progetto (portata, alta tensione di alimentazione) dichiarati per il filtro in prova, su tutta la normale produzione di serie di quel determinato modello. Eventuali utilizzi del filtro al di fuori di tali parametri determinano automaticamente la non applicabilità della classificazione ottenuta ed il decadimento del certificato di prova. La validità del certificato decade in presenza di qualsiasi non conformità del filtro di serie rispetto al filtro testato, con l'esclusione delle sole modifiche di ordine estetico. Questo standard è riferito a filtri per aria destinati alla ventilazione, funzionanti per mezzo di uno o più campi elettrostatici

applicati attivamente tramite un generatore. Tali filtri sono classificati in accordo con le prestazioni dimostrate nelle procedure di prova.

Questo standard contiene inoltre una serie di requisiti che tali filtri devono possedere per potere accedere alle prove e le descrizioni delle procedure e della struttura del circuito di prova. La classificazione conseguita può essere utilizzata solo a fini di comparazione tra filtri sottoposti a prova secondo le procedure contenute in questo standard. Non è quindi possibile effettuare una comparazione con classificazioni diversamente stabilite.

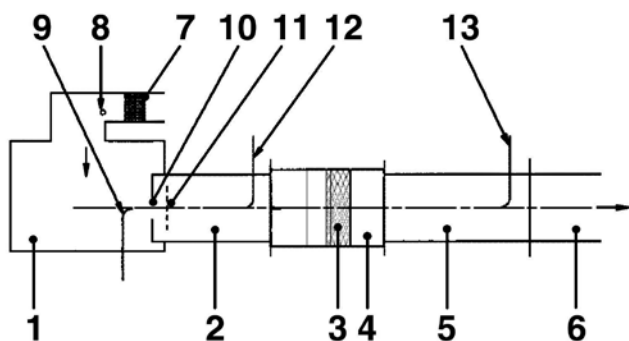
12.7.2 La classificazione secondo l’efficienza

I filtri sono classificati in base alla loro efficienza media e alla caduta di pressione iniziale, alle seguenti condizioni di prova: la portata d’aria dovrà essere quella nominale dichiarata dal costruttore per quel determinato filtro; in caso di portate inferiori a 800 m³/h è ammessa la possibilità di testare due o più filtri in parallelo, con una portata complessiva pari alla somma delle portate nominali individuali. Le dimensioni frontali dell’insieme dei filtri in parallelo non potranno essere superiori a 900 mm x 900 mm.

12.7.3 La classificazione in base alla efficienza media UNI 11254:2007

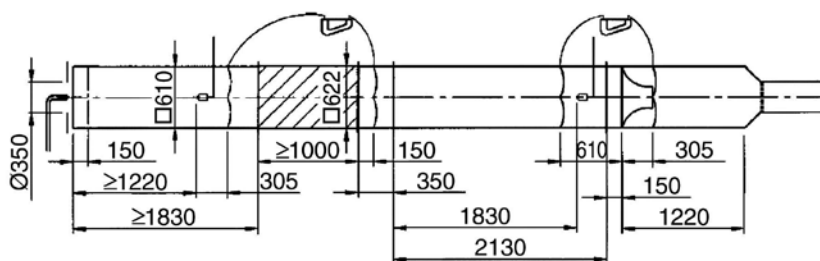
(Δp < 30Pa)	(Δp ≥ 30Pa)	Efficienza media (particelle di 0,4 μm) %
D-PE	D-EM	80 ≤ Em < 90
C-PE	C-EM	90 ≤ Em < 95
B-PE	B-EM	95 ≤ Em < 99
A-PE	A-EM	Em ≥ 99

12.7.4 Il circuito di prova



- 1 Sezione "a" del condotto
- 2 Sezione "b" del condotto
- 3 Filtro da testare
- 4 Sezione "c" del condotto: alloggiamento del filtro
- 5 Sezione "d" del condotto
- 6 Sezione "e" del condotto
- 7 Filtro HEPA (almeno H13)
- 8 Punto di diffusione dell'aerosol DiEthylHexylSebacate
- 9 Iniettore della polvere
- 10 Diaframma di miscelazione
- 11 Piastra forata per la diffusione della polvere
- 12 Sonda di campionamento a monte
- 13 Sonda di campionamento a valle

12.7.5 Le dimensioni del circuito di prova



12.7.6 Preparazione del filtro da esaminare

Il filtro, completo di alloggiamento, è montato nell'adattatore al circuito di prova. Vengono successivamente stabiliti i collegamenti elettrici fra alimentatore e piastra porta contatti dell'alloggiamento, secondo lo schema consegnato dal costruttore. Il contatto di terra dell'alimentatore, la struttura dell'alloggiamento del filtro ed il contatto di terra del filtro devono essere collegati all'impianto di messa a terra del locale di prova. Il valore di resistenza verso terra dell'impianto deve essere inferiore a 2 ohm. Completati i collegamenti elettrici, si alimenta temporaneamente il filtro e si controlla il valore del/i potenziale/i di alta tensione applicato/i al filtro: questa misura viene effettuata con voltmetro dotato di sonda per alta tensione approvata per il voltaggio nominale dichiarato dal costruttore.

Nell'accoppiamento meccanico tra filtro, alloggiamento ed adattatore deve essere posta la massima cura per evitare possibili trafilaggi. È ammesso l'uso di guarnizioni di tenuta. Il filtro verrà alimentato elettricamente e fatto funzionare per almeno cinque minuti alla portata nominale prima di dare inizio alla prova.

12.7.7 La misura dell'efficienza in numero

L'efficienza in numero E per un dato intervallo di dimensioni (tra due diametri della particella) è calcolata come segue:

$$E = (1 - n_i/N_i)100$$

dove

n_i è il numero di particelle nell'intervallo di dimensioni " i " a valle del filtro;

N_i è il numero di particelle nell'intervallo di dimensioni " i " a monte del filtro.

La determinazione dell'efficienza iniziale in numero viene fatta alla portata di aria di prova e con la produzione di particelle del generatore di aerosol regolata in modo da fornire una concentrazione costante, entro i requisiti inerenti il livello di coincidenza del contatore ottico di particelle; e sarà inoltre necessario che il tasso di conteggio a valle sia sufficiente ad ottenere risultati statisticamente validi in un periodo di tempo ragionevole.

La misura di efficienza in numero è fatta mediante una serie di almeno 13 rilevazioni, della durata minima di 20 secondi, effettuate successivamente a monte e a valle del filtro in prova.

Prima di ciascuna rilevazione va effettuato un lavaggio o, in alternativa, si può effettuare il campionamento da monte o da valle senza registrare il numero di particelle allo scopo di stabilizzare la loro concentrazione lungo le linee di trasporto.

12.7.8 La procedura della prova di carico

Il filtro in prova viene progressivamente caricato (sporcato) con una polvere standardizzata, determinando i cambiamenti che si verificano in termini di caduta di pressione e di efficienza in numero. Gli incrementi di polvere vengono pesati con una precisione di $\pm 0,1$ g e disposti nel vassoio mobile dell'apposito dosatore. La polvere viene dosata al filtro ad una concentrazione di 70 mg/m^3 . I valori di efficienza sono determinati al termine di ogni incremento. Al termine di ogni singolo dosaggio, prima di fermare il dosatore, viene sospinto con un pennello la polvere rimasta nel vassoio, percuotendo quindi con un martelletto più volte il condotto di adduzione della polvere al circuito di prova, in modo da ottenere il distacco dei depositi eventualmente presenti. L'efficienza iniziale in numero e la caduta di pressione vengono determinati prima del carico con la polvere, mentre l'efficienza in numero e la caduta di pressione vengono ad essere misurati dopo ogni dosaggio incrementale. La prova è considerata terminata quando è raggiunto il massimo valore di carico previsto. La quantità massima di polvere da utilizzare è stabilita in 600g, suddivisa in 4 incrementi da 150g.

12.7.9 Efficienza in numero media

L'efficienza in numero media è un valore di efficienza in numero ottenuto come media in modo da risentire degli effetti dell'intasamento progressivo mediante la polvere. Per una serie di "n" fasi di intasamento l'efficienza in numero media è fornita dalla seguente formula:

$$E_{m,i} = (1/M) \sum_{j=1}^n (E_{i,(j-1)} + E_{i,j}) \times M_j / 2$$

dove

$E_{m,j}$ è l'efficienza media per l'intervallo di dimensioni "i" dopo tutti gli incrementi di polvere;

$E_{i,j}$ è l'efficienza media per l'intervallo di dimensioni "i" dopo la fase di intasamento "j";

M_j è la quantità totale di polvere iniettata durante la fase di intasamento "j";

M è $\sum_{j=1}^n M_j$;

n è il numero delle fasi di intasamento.

12.7.10 Marcatura del filtro provato

Il filtro deve essere marcato con una etichetta indelebile o con una punzonatura, riportante i seguenti dettagli:

- nome, marchio e altri dati di identificazione del costruttore;
- tipo e codice identificativo del modello di filtro;
- sigla dello standard;
- classe di efficienza media del filtro in accordo con lo standard;
- portata d'aria nominale.

13 La nuova norma ISO 16890 sui filtri aria per ventilazione generale

- Parte 1: Caratteristiche tecniche, requisiti e sistema di classificazione in base al particolato efficienza (ePM)
- Parte 2: Misura di efficienza frazionaria e la resistenza al flusso d'aria
- Parte 3: Determinazione della arrestanza e la resistenza al flusso d'aria contro la massa di polvere di prova
- Parte 4: Metodo di condizionamento per determinare la minima efficienza di prova frazionaria

13.1 Premessa della norma internazionale

Gli effetti del particolato (PM) sulla salute umana sono stati ampiamente studiati negli ultimi decenni. I risultati sono che le polveri sottili possono essere un pericolo grave per la salute, contribuendo a creare disagi alle vie respiratorie e causando addirittura malattie cardiovascolari.

Differenti classi di particolato possono essere definiti in base alla dimensione aeraulica delle particelle. I più importanti sono il PM₁₀, PM_{2,5} e PM₁. L'Agenzia statunitense Environmental Protection (EPA), l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) e l'Unione Europea definiscono PM₁₀ le particelle che passano attraverso un ingresso dimensionale selettivo con un'efficienza di cut-off del 50% a 10 micron di diametro aerodinamico, il PM_{2,5} e il PM₁ sono analogamente definiti. Tuttavia, questa definizione non sarà precisa finché non ci saranno ulteriori caratterizzazioni del metodo e dell'ingresso di campionamento con una curva di separazione chiaramente definita. In Europa, il metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del PM₁₀ è descritto nella norma EN 12341 "Aria ambiente - metodo di misurazione gravimetrico standard per la determinazione della massa di PM₁₀ o PM_{2,5} concentrazione di particolato sospeso". Il principio di misurazione si basa sulla raccolta su un filtro della frazione PM₁₀ delle particelle ambiente e sulla determinazione della massa gravimetrica (vedi UE la direttiva 1999/30 / CE del 22 aprile 1999). Siccome una precisa definizione di PM₁₀, PM_{2,5} e PM₁ è abbastanza complessa e non semplice da misurare, le autorità pubbliche, come EPA negli Stati Uniti o l'Agenzia tedesca per l'ambiente federale (Umweltbundesamt), sempre più tendono ad utilizzare nelle loro pubblicazioni la più semplice denominazione di PM₁₀ come la frazione di granulometria inferiore o uguale a 10 micron. Poiché questa denominazione, rispetto alla più complessa definizione "ufficiale" sopra menzionata, non ha un significativo impatto sull'efficienza di rimozione di un filtro antiparticolato, i documenti ISO 16890 si riferiscono a questa definizione semplificata di PM₁₀, PM_{2,5} e PM₁. Il particolato, nel contesto di questo standard, descrive una frazione dimensionale dell'aerosol naturale (liquido e particelle solide) sospeso nell'aria ambiente. Il simbolo ePM_x descrive l'efficienza di un dispositivo di depurazione dell'aria rispetto a particelle con diametro ottico tra 0,3 µm e x µm.

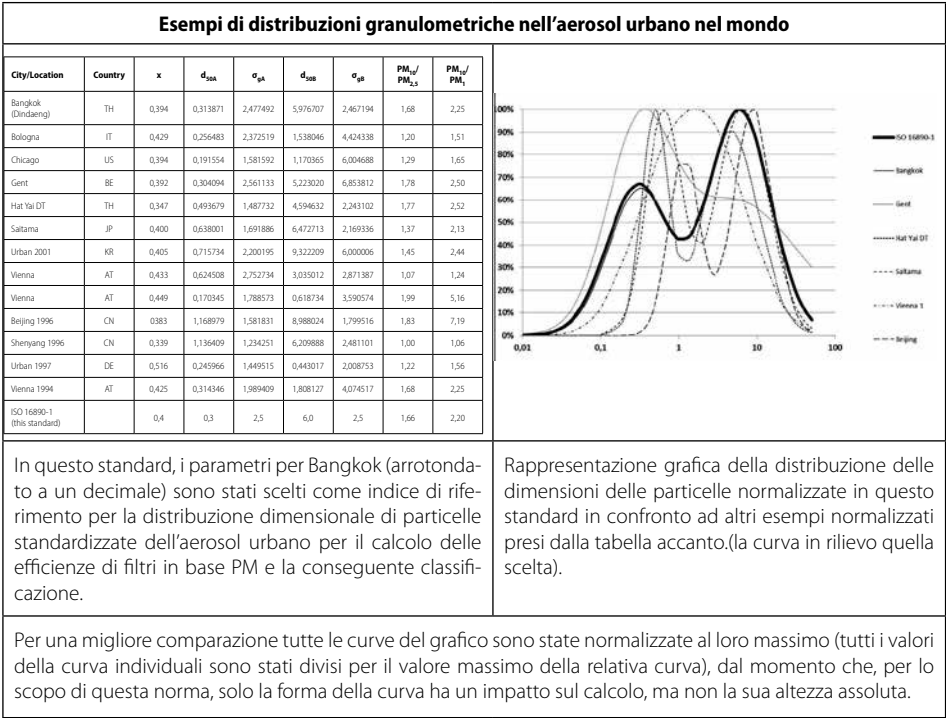
I seguenti intervalli di dimensioni delle particelle sono utilizzati in questo standard per i valori di efficienza indicati:

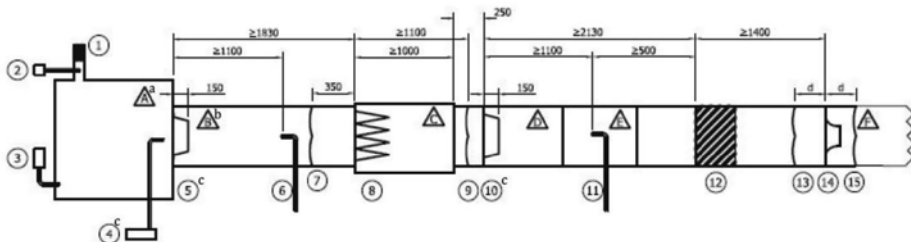
Efficiency	Size range, μm
$e\text{PM}_{10}$	$0,3 \leq x \leq 10$
$e\text{PM}_{2,5}$	$0,3 \leq x \leq 2,5$
$e\text{PM}_1$	$0,3 \leq x \leq 1$

I filtri dell'aria utilizzati per la ventilazione generale sono ampiamente impiegati in impianti di riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria negli edifici. In queste applicazioni, i filtri dell'aria influenzano in modo significativo la qualità dell'aria interna e di conseguenza, la salute delle persone presenti, riducendo la concentrazione del particolato. Per consentire ad ingegneri e operatori della manutenzione, ad architetti e progettisti di scegliere i tipi di filtro corretti, vi è un interesse da parte del commercio internazionale e della produzione affinché vi sia un ben definito metodo comune di test e classificazione dei filtri aria, in base alla loro reale efficienza in particolare per quanto riguarda la rimozione delle particelle. Le norme nazionali attualmente stanno applicando prove e classificazioni usando metodi totalmente diversi tra loro e che non permettono alcun confronto e quindi ostacolano un commercio globale con prodotti comuni. Inoltre, un'altra limitazione deriva dal fatto che gli standard industriali attuali sono noti per generare risultati che spesso sono lontani dalle prestazioni del filtro in servizio (in situ), vale a dire che molti prodotti esagerano in merito alla reale efficienza di rimozione di particelle in ambiente. Questo nuovo standard internazionale adotta un approccio completamente nuovo alla classificazione e dà risultati migliori e più significativi rispetto alle attuali norme.

La ISO 16890 (tutte le sue parti) descrive le attrezzature, i materiali, le specifiche tecniche, i requisiti, le qualifiche e le procedure per produrre i dati sulle prestazioni di laboratorio e sulla classificazione, basati sull'efficienza frazionale misurata in un rapporto chiamato "Efficiency Particulate Matter (ePM)". Gli elementi filtranti l'aria secondo questa serie di standard vengono valutati in un laboratorio per la loro capacità di rimuovere particelle di aerosol espresso con valori di efficienza $e\text{PM}_1$, $e\text{PM}_{2,5}$ e $e\text{PM}_{10}$ e poi possono essere classificati secondo le procedure definite in parte 1. L'efficienza di rimozione del filtro antiparticolato (efficienza iniziale) viene misurata in funzione della dimensione delle particelle nell'intervallo che vanno dallo 0,3 ai 10 micron con media filtrante non scaricato e non condizionato per le procedure definite nella parte 2. Dopo l'efficienza iniziale nella rimozione di particelle, il media filtrante è condizionato con le procedure definite nella parte 4 e il test si ripete. Questo viene eseguito per fornire informazioni circa l'intensità di qualsiasi meccanismo di rimozione elettrostatico che può o non può essere presente con il media filtrante sottoposto a prova. L'efficienza del filtro è determinata calcolando la media tra l'efficienza iniziale e l'efficienza condizio-

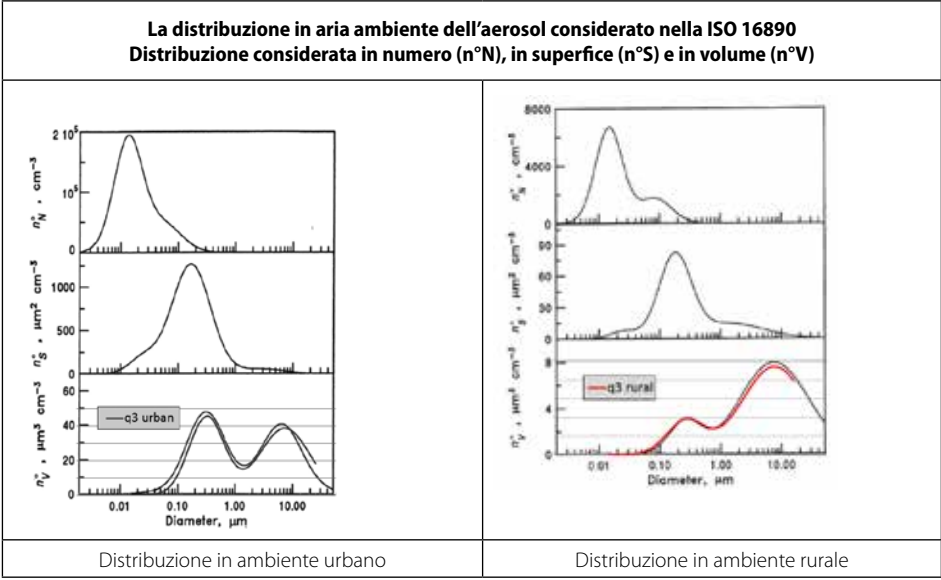
nata per ogni intervallo di grandezza. L'efficienza media viene utilizzata per calcolare le efficienze ePM_x, ponderando questi valori alla distribuzione granulometrica standardizzata e normalizzata della relativa frazione di aerosol ambiente. Quando si confrontano i filtri testati con questo standard, i valori di efficienza frazionata devono sempre essere confrontati tra la stessa classe ePM_x (es. ePM₁ di filtro A con ePM₁ di filtro B). La prova di capacità di arrestanza gravimetrica iniziale della polvere di un media filtrante è determinato secondo le procedure di prova definite nella parte 3.





Key

A	TR section — U/S inlet plenum	9	D/S test device pressure tap
B	TR section — U/S Sampling	10	D/S mixing orifice (efficiency testing) If dust loading, D/S final filter
C	TR section — Test device	11	D/S aerosol sampling head
D	TR section — D/S Mixing/Final Filter	12	D/S HEPA filtration (if used)
E	TR section — D/S Sampling	13	example of upper air flow nozzle pressure tap (if used)
F	TR section — Air flow measurement	14	example of air flow measurement device location
1	U/S HEPA filtration	15	example of lower air flow nozzle pressure tap (if used)
2	liquid aerosol injection	a	U/S denotes upstream of the test device.
3	solid aerosol injection	b	D/S denotes downstream of the test device.
4	dust injection nozzle	c	Devices used only with dust load testing.
5	U/S mixing orifice	d	Air flow nozzle pressure taps are to be located per the device manufacturer's installation specification requirements.
6	U/S aerosol sampling head		
7	U/S test device pressure tap		
8	test device		



Esempio di risultati in tabelle e corrispondenti grafici di due filtri in prova

Risultati ottenuti con l'applicazione del nuovo standard di due filtri diversi messi a confronto e poi messi e calcolati come se fossero montati in serie (doppio stadio) in un sistema di ventilazione.

Data Entry Table							Reporting Data			
d_i	d_{i+1}	d_m	$\Delta \ln d_i$	E_i	$E_{D,i}$	$E_{A,i}$		ePM_1	$ePM_{2,5}$	ePM_{10}
0,30	0,50	0,39	0,51	66,0%	37,0%	51,5%	Minimum	45%	56%	--
0,50	0,70	0,59	0,34	78,0%	49,0%	63,5%	Average	59%	68%	89%
0,70	1,00	0,84	0,36	86,3%	59,0%	72,7%	Reported	N/A*	68%	89%
1,00	1,30	1,14	0,26	92,0%	68,0%	80,0%	* Any Reporting value of N/A shows the minimum efficiency is below 50% for that ePM value			
1,30	1,60	1,44	0,21	95,0%	75,0%	85,0%				
1,60	2,20	1,88	0,32	96,9%	83,0%	90,0%				
2,20	3,00	2,57	0,31	98,4%	91,0%	94,7%				
3,00	4,00	3,46	0,29	99,7%	96,5%	98,1%				
4,00	5,50	4,69	0,32	100,0%	98,6%	99,3%				
5,50	7,00	6,20	0,24	100,0%	100,0%	100,0%				
7,00	10,00	8,37	0,36	100,0%	100,0%	100,0%				

Figure 1: Filtro A

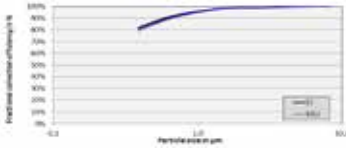
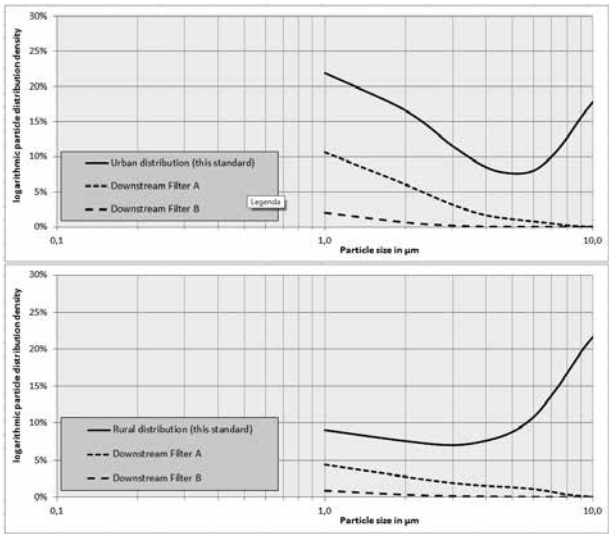
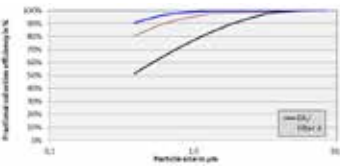
Data Entry Table							Reporting Data			
d_i	d_{i+1}	d_m	$\Delta \ln d_i$	E_i	$E_{D,i}$	$E_{A,i}$		ePM_1	$ePM_{2,5}$	ePM_{10}
0,30	0,50	0,39	0,51	82,0%	79,0%	80,5%	Minimum	84%	88%	--
0,50	0,70	0,59	0,34	90,0%	88,0%	89,0%	Average	85%	89%	96%
0,70	1,00	0,84	0,36	94,3%	93,0%	93,7%	Reported	85%	89%	96%
1,00	1,30	1,14	0,26	96,7%	96,0%	96,4%	* Any Reporting value of N/A shows the minimum efficiency is below 50% for that ePM value			
1,30	1,60	1,44	0,21	98,2%	98,0%	98,1%				
1,60	2,20	1,88	0,32	98,8%	98,5%	98,7%				
2,20	3,00	2,57	0,31	98,9%	98,7%	98,8%				
3,00	4,00	3,46	0,29	99,2%	99,0%	99,1%				
4,00	5,50	4,69	0,32	99,7%	99,6%	99,7%				
5,50	7,00	6,20	0,24	100,0%	100,0%	100,0%				
7,00	10,00	8,37	0,36	100,0%	100,0%	100,0%				

Figure 2: Filtro

La distribuzione e la densità delle particelle risultanti dopo il trattamento filtrante a doppio stadio nell'ambiente urbano e rurale



Esempio di calcolo con la somma di efficienze di un sistema di filtraggio a due stadi

Data Entry Table							Reporting Data			
d_i	d_{i+1}	d_m	$\Delta \ln d_i$	$E_{A,i}$ Filter A	$E_{A,i}$ Filter B	$E_{cum,i}$		ePM_1	$ePM_{2,5}$	ePM_{10}
0,30	0,50	0,39	0,51	51,5%	80,5%	90,5%	Calculated	94%	95%	99%
0,50	0,70	0,59	0,34	63,5%	89,0%	96,0%	Reported	94%	95%	99%
0,70	1,00	0,84	0,36	72,7%	93,7%	98,3%				
1,00	1,30	1,14	0,26	80,0%	96,4%	99,3%				
1,30	1,60	1,44	0,21	85,0%	98,1%	99,7%				
1,60	2,20	1,88	0,32	90,0%	98,7%	99,9%				
2,20	3,00	2,57	0,31	94,7%	98,8%	99,9%				
3,00	4,00	3,46	0,29	98,1%	99,1%	100,0%				
4,00	5,50	4,69	0,32	99,3%	99,7%	100,0%				
5,50	7,00	6,20	0,24	100,0%	100,0%	100,0%				
7,00	10,00	8,37	0,36	100,0%	100,0%	100,0%				

14 La classificazione energetica dei filtri aria

Mentre si sta scrivendo queste capitolo è allo studio in sede ISO una norma internazionale che ha il compito di redigere le modalità di calcolo, decidere le grandezze e i dati pertinenti per una univoca valutazione dei consumi energetici dei filtri aria in tutti gli stati, uniformando così diverse e personali interpretazioni nazionali.

14.1 Il progetto di norma ISO “prEN ISO 12249-1”

Filtri per l’aria di particolato per ventilazione generale

Parte 1: Metodo di calcolo per il costo del ciclo di vita dei dispositivi per purificare l’aria

14.1.1 Premessa

La presente norma internazionale fornisce un metodo per il calcolo del costo del ciclo di vita (LCC) per i dispositivi per purificare l’aria. Questi dispositivi sono principalmente filtri dell’aria richiesti nei sistemi di riscaldamento, ventilazione e condizionamento degli edifici non residenziali.

Questo metodo consente ai progettisti, proprietari di edifici e gestori del sistema HVAC di fare una selezione efficace in relazione all’uso di filtri dell’aria ad alta efficienza energetica.

Lo scopo principale, nell’utilizzo di filtri dell’aria nei sistemi HVAC negli edifici è quello di filtrare l’aria esterna di ventilazione rendendo così più pulita e di migliore qualità l’aria interna che dev’essere

inalata senza rischi per la salute degli occupanti. Lo scopo secondario è quello di mantenere il sistema di ventilazione pulito e funzionante in modo efficiente.

L'uso di filtri dell'aria in sistemi meccanici di ventilazione richiede energia e comporta un aggravio di costi. L'analisi del Life Cycle Cost (LCC) dà i mezzi per ottimizzare la selezione del filtro da usare sul suo costo energetico, una volta che è stata fatta la scelta dell'efficienza filtrante richiesta o la selezione in base alla sua classe. La norma specifica:

A: il modello algebrico utilizzato per la valutazione del LCC.

B: i principi da seguire al momento di valutare i parametri del modello.

C: come i valori di LCC possono essere utilizzati per ottimizzare la progettazione del sistema.

Il calcolo del Life Cycle Cost (LCC) fornisce i costi diretti sostenuti e contribuisce a valutare i più ampi costi ambientali coperti dal "Life Cycle Assessment" (LCA).

NOTA: Sarà fatto riferimento a dati di test riferiti a casi di vita reale per valutare la correlazione tra il modello algebrico e la vita reale dei parametri misurati.

Termini e definizioni:

Symbol	Term	Unit
E	A filter's energy cost	Euro
Q	Air volume flow rate	m ³ /s
P	Average pressure loss	Pascal
T	Operation tome	hours
η	Energy efficiency of fan	-
C	Energy cost	Euro/kWh

Il calcolo

Il costo del ciclo di vita (LCC) può essere definito come segue:

$LCC = I \text{ Investimenti} + LCC \text{ Energia} + LCC \text{ Manutenzione} + LCC \text{ smaltimento}$

dove:

Investimenti è l'investimento sul costo capitale dell'installazione del filtro quando è stato montato nuovo nel sistema di ventilazione prima (filtri + telaio + lavoro). L'investimento potrebbe anche includere gli alloggiamenti o telai inerenti i filtri.

LCC Energia è l'attuale costo totale di energia per i filtri (l'elettricità per alimentare il ventilatore). Il calcolo dei costi energetici si basa sulla perdita media di pressione dei filtri. La perdita media di pressione durante il funzionamento dipende dalle caratteristiche dell'impianto ed è spesso considerato il valore medio della perdita di pressione iniziale e la perdita di pressione finale del filtro. A causa dei requisiti di consumo energetico inferiore, sempre più sistemi sono stati progettati per un flusso d'aria costante e la perdita media di pressione è il valore integrato della caduta di pressione

in funzione del tempo di funzionamento.

Il costo energetico di un filtro, E, può essere calcolata come:

$$E = \frac{Q \times P \times T}{\eta \times 1000} \times C$$

dove:

Q: portata d'aria [m³/s]

P: perdita di media pressione [Pa]

T: tempo di funzionamento [h]

η: efficienza energetica del ventilatore

C: costo Energia [Euro/kWh]

LCC manutenzione è l'attuale costo di acquisto totale, compreso il costo dei filtri di ricambio e costi di manodopera per la sostituzione dei filtri.

LCC smaltimento è il costo totale per lo smaltimento di un filtro dell'aria. Lo smaltimento sta diventando sempre più importante come voce di costo, a causa dei requisiti per i materiali di riciclaggio e la necessità di ridurre i volumi dei rifiuti. L'incenerimento è una alternativa poiché l'energia può essere prodotta energia durante il processo.

Attualizzare i costi e valori con il presente metodo

Il denaro speso nel futuro si differenzia in valore dalla stessa quantità di denaro speso oggi.

Alcuni costi si verificano regolarmente ogni anno (per l'energia, la manutenzione ordinaria), altri costi si verificano più o meno frequentemente durante l'arco dell'anno (ad esempio, per sostituire i filtri dell'aria).

Le altre spese si verificano così raramente (costi straordinari) che devono essere trattate come elementi singoli di costo e non possono essere valutati in media (come le grandi ricostruzioni e il costo di smaltimento a fine vita del sistema).

Il costo attuale (C_p) di un singolo elemento di costo, C_n pagato dopo "n" anni, può essere calcolato approssimativamente come segue:

$$\frac{C_p}{C_n} = [1 + (i - p)] - n$$

Dove:

n: è il numero di anni

p: è l'aumento dei prezzi

i: è il tasso di interesse (tasso di banca o di qualsiasi tasso interno previsto per gli investimenti all'interno dell'azienda)

Cn: è il costo pagato dopo anni "n"

Cp: è il costo attuale di un singolo elemento di costo

Il fattore di correzione $[1 + (i-p)] - n$ è calcolato per ogni anno o periodo. La somma di questi fattori dà il fattore di somma totale utilizzata per determinare i costi complessivi scontati.

14.1.2 Esempi di consumi stimati

I consumi energetici di un filtro (E) per aria possono essere facilmente stimati conoscendo il valore medio delle perdite di carico dimostrate durante la sua vita operativa.

$$E = \frac{Q \cdot P \cdot T}{\eta \cdot 1000}$$

E consumo energetico (kWh)
Q portata (m³/s)
P valore medio delle perdite di carico del filtro (Pa)
T tempo di funzionamento (h)
η rendimento del gruppo ventilante (inverter, motore, trasmissione, girante)

Come si evince dalla formula sopra indicata, il consumo di energia è direttamente proporzionale alla perdita di carico ed il sistema filtrante ha un'incidenza importante					
	Perdita di carico iniziale (Pa)	Perdita di carico finale (Pa)	Perdita di carico media (Pa)	Consumo energetico (Wh)	Consumo energetico annuo (kWh)
Filtro meccanico (es. F9)	90 ^(*)	450 ^(*)	270	386 ^(**)	< 1250 ^(***) (Eurovent Filter Class A + @ F9)
Filtro elettrostatico (es. B-PE)	8	30 ^(*)	19	54 ^(**) (include consumo alimentatore)	377 ^(***) (include consumo alimentatore)
(*) Riferimento UNI EN 779:2012 per filtri meccanici / UNI 11254:2017 per filtri elettrostatici (**) Consumo energetico (E) in Wh con una portata (Q) di 1 m³/s, un rendimento del gruppo ventilante (η) di 0,7 ed un tempo di funzionamento (T) di 1 ora (***) Consumo energetico (E) in kWh calcolato secondo lo standard di classificazione energetica Eurovent con una portata (Q) di 0,944 m³/s, una perdita di carico corrispondente a quella media indicata (solo per filtro elettrostatico), un rendimento del gruppo ventilante (η) di 0,5 ed un tempo di funzionamento (T) di 6000 ore					

Comparazione tecnica tra differenti sistemi filtranti					
	Filtro Meccanico			Filtro Elettrostatico	
Applicazione tipica	Solo UTA			Solo UTA	Unità terminali
Classe del filtro	F7	F8	F9	B-PE	D-PE
Dimensioni (L*A*P)	592*52*296 (mm)			592*592*100(mm)	50* mm
Riferimento normativo	UNI EN 779:2012			UNI 11254:2007	
Efficienza Media (%)	80 - 90	90 - 95	>95	95 - 99	80 - 90
Efficienza Minima (%)	≥35	≥55	≥70	≥95	≥80
Perdita di carico finale (Pa)	450 Pa			<30 Pa	< 30 Pa
Perdita di carico media (Pa)	300 Pa			~ 20 Pa	~ 4 Pa
Eurovent (**) Energy Efficiency Rating (kWh)	A+	<800	<1000	<1250	275 50
	A	>800 <950	> 1000 <1200	>1250 <1450	
	B	>950 <1200	> 1200 <1500	>1450 <1900	
Rigenerabile	No			Sì	Sì
Smaltimento	Rifiuto speciale			N.A.	N.A.
Manutenzione	Sostituzione e smaltimento			Lavaggio	Lavaggio
Rischio contaminazione biologica	Alta			Limitata (Azione battericida)	Limitata (Azione battericida)

(*) Larghezza ed altezza possono variare a seconda della grandezza dell'unità terminale

(**) Linee guida Eurovent 4/11 (Etichetta energetica è impostata secondo la classe del filtro)

Nelle immagini sotto riportate, i consumi energetici di filtri con media meccanico e loro classificazione energetica (classificazione proposta da Eurovent) in relazione alla loro efficienza filtrante in base alla UNI EN 779.

Filter class		M5	M6
ME		–	–
		Mu = 250 ASHRAE	
A+		0 - 450 kWh	0 - 550 kWh
A		> 450 kWh - 600 kWh	> 550 kWh - 650 kWh
B		> 600 kWh - 700 kWh	> 650 kWh - 800 kWh
C		> 700 kWh - 950 kWh	> 800 kWh - 1100 kWh
D		> 950 kWh - 1200 kWh	> 1100 kWh - 1400 kWh
E		> 1200 kWh	> 1400 kWh

Classe energetica dei filtri in classe E

Filter class	F7	F8	F9
ME	ME $\geq$ 35%	ME $\geq$ 55%	ME $\geq$ 70%
	ME = 100 ASHRAE		
A+	0 - 800 kWh	0 - 1000 kWh	0 - 1250 kWh
A	> 800 kWh - 950 kWh	> 1000 kWh - 1200 kWh	> 1250 kWh - 1450 kWh
B	> 950 kWh - 1200 kWh	> 1200 kWh - 1500 kWh	> 1450 kWh - 1900 kWh
C	> 1200 kWh - 1700 kWh	> 1500 kWh - 2000 kWh	> 1900 kWh - 2600 kWh
D	> 1700 kWh - 2200 kWh	> 2000 kWh - 3000 kWh	> 2600 kWh - 4000 kWh
E	> 2200 kWh	> 3000 kWh	> 4000 kWh

Classe energetica dei filtri in classe F

La perdita di carico considerata media da Eurovent, si ha quando il filtro in esame abbia trattenuto sulla sua superficie 250g (classe E) e 100g (classe F) di polvere classificata ASHRAE.

Raffronto utilizzando la norma UNI EN ISO 16890

Nella seguente tabella confrontiamo un Filtro Elettronico** con un filtro a tasche in classe A+ con efficienza ePM1 80% (ex F9 secondo UNI EN 779)

Confronto Energetico tra il miglior filtro a tasche in classe A+ Eurovent ed un Filtro Elettronico* a parità di portata d'aria (3400 mc/h)								
	Efficienza secondo UNI EN 16890	Perdita di carico Iniziale (Pa)	Perdita di carico Finale (Pa)	Perdita di carico Media (Pa)	Consumo Energetico (Wh)	Consumo Energetico Annuo (kWh)	Perdita di Carico Media secondo Eurovent (Pa)	Consumo Energetico Annuo (kWh) secondo Eurovent
Filtro meccanico classe A+	ePM1 80%	90 (*)	300 (*)	195 (**)	230 (***)	1.380 (****)	148	<1.050(****) (Eurovent filter class A+ @ F9)
Filtro elettrostatico	ePM1 90%	27	31 (*)	29	60 (***) (include consumo alimentatore)	360(****) (include consumo alimentatore)	29	360 (****) (include consumo alimentatore)

(*) Standard precedente UNI EN 779:2012 per filtri meccanici / UNI 11254:2007 per filtri elettrostatici

(**) Standard EN 13053:2020 suggerisce una pressione finale massima di 300 Pa

(***) Consumo energetico (E) in Wh con una portata (Q) di 0,944 m³/s, un rendimento del gruppo ventilante (η) di 0,8 ed un tempo di funzionamento (T) di 6000 ore

(****) Consumo energetico (E) in kWh calcolato secondo lo standard di classificazione energetica Eurovent con una portata (Q) di 0,944 m³/s, una perdita di carico corrispondente a quella media indicata (solo per filtro elettrostatico), un rendimento del gruppo ventilante (η) di 0,5 ed un tempo di funzionamento (T) di 6000 ore

Tale confronto evidenzia che un Filtro Elettronico** ha un **consumo energetico che è inferiore di circa il 75%** rispetto al miglior filtro a tasche con classe di efficienza energetica A+ Eurovent (60 Wh di un filtro elettronico contro i 230 Wh di un filtro a tasche) pur avendo una efficienza di filtrazione nettamente superiore (ePM1 al 90% contro ePM1 all'80% del filtro a tasche) a parità di portata di aria.

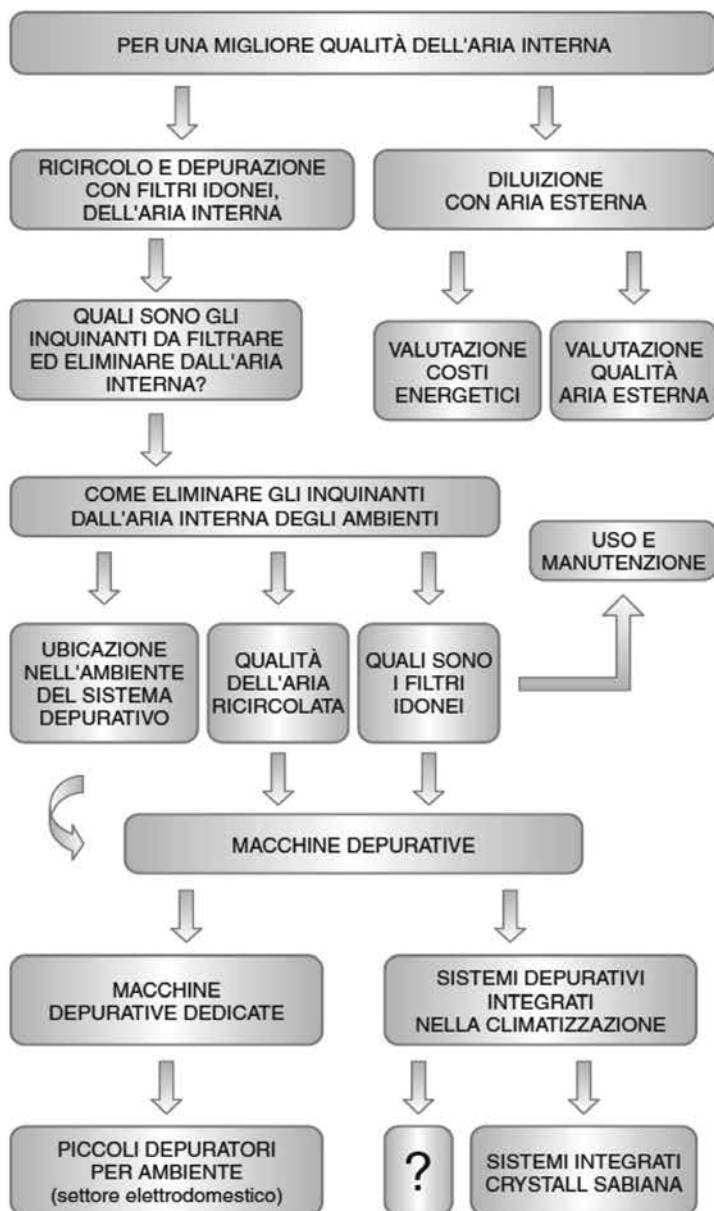
I filtri sono oggi classificati da Eurovent anche in virtù del loro consumo energetico in classi che vanno dalla A+ alla G: ovviamente un filtro in classe A+ ha un costo di acquisto decisamente superiore rispetto a filtri di classe inferiore.

Comparazione tecnica tra diversi sistemi filtranti					
	Filtri Meccanici (ex F9 secondo EN 779, classe A+)			Filtro Elettrostatico Attivo	
Applicazione tipica	Solo UTA			Solo UTA	Unità Terminali
Classe del filtro	ePM10	ePM2,5	ePM1	ePM1	ePM1
Dimensioni (L x A x P)	592 x 592 x 292 ^(*) (mm)			592 x 592 x 150 ^(*) (mm)	L x A x 50 ^(*) (mm)
Riferimento normativo	EN ISO 16890:2016			EN ISO 16890:2016	EN ISO 16890:2016
Diametro di riferimento PM (µm)	da 0,3 a 10	da 0,3 a 2,5	da 0,3 a 1	da 0,3 a 1	da 0,3 a 1
Efficienza ePM (%)	—	—	< 80	95	95
Perdita di carico finale (Pa)	300 Pa			< 30 Pa	< 10 pa
Rigenerabilità	NO			Sì	Sì
Smaltimento	Rifiuto speciale			N.A.	N.A.
Manutenzione	Sostituzione e smaltimento			Lavaggio del collettore	Lavaggio del collettore
Rischio contaminazione biologica	Alto			Molto basso (azione battericida)	Molto basso (azione battericida)

(*) profondità

N.B. ** filtro elettronico Crystall Sabiana spa

15 Strategie e modalità d'intervento per l'ottenimento di una migliore qualità dell'aria



15.1 Gli aspetti normativi e legislativi in materia di qualità dell'aria interna

Se i problemi legati all'inquinamento dell'aria, sia interna che esterna, sono ormai dibattuti quotidianamente e iniziano perciò ad essere conosciuti non solo dagli addetti ai lavori, ma anche dal grande pubblico, altrettanto invece non avviene in merito alle possibili tecniche d'intervento e alle fattibili soluzioni da adottare.

Alla luce delle attuali conoscenze, la sola ed unica soluzione praticabile per migliorare l'aria nell'ambiente esterno è chiaramente quella di non produrre e disperdere in aria sostanze inquinanti; ovviamente ciò si può ottenere solo eliminando o riducendo drasticamente le fonti degli stessi inquinanti.

Molto più complesse e articolate sembrano invece essere le metodologie e le strategie d'intervento atte al miglioramento della qualità dell'aria interna, vale a dire l'aria negli ambienti confinati di vita, di lavoro e quella presente nei mezzi di trasporto (IAQ - Indoor Air Quality).

La normativa e gli standard di riferimento in materia di ventilazione in vigore in Italia in passato, si basavano però solamente sulla presunta veridicità dell'assioma sopra citato.

Infatti, la norma italiana UNI 10339:95 "Impianti aeraulici a fini di benessere" sanciva questo principio, determinando ed indicando le quantità minime d'aria esterna (m^3/ora) necessarie all'ambiente interno in funzione principalmente della sua destinazione d'uso e al suo indice d'affollamento (pers./m^2).

Tale norma ignorava e faceva ignorare completamente, la necessaria classificazione qualitativa dell'aria che si voleva e si doveva usare per pulire quella interna, contribuendo così, di fatto, a peggiorare in molti casi la situazione interna già in essere.

L'utilizzo di determinati sistemi filtranti sull'aria esterna, citati nella norma stessa, riduceva solo un poco questo rischio, in quanto l'efficienza loro richiesta, nella quasi totalità delle applicazioni, non era in grado di fermare e trattenere le sostanze inquinanti tipicamente presenti nell'aria esterna delle nostre città.

L'uscita nel novembre 2001 sulla Gazzetta Ufficiale delle "Linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati" dà il via ad una serie d'iniziative legislative nazionali e regionali sul tema della qualità dell'aria interna e le problematiche ad essa legate. Il documento affermava che in Italia non vi erano norme di riferimento volte alla tutela della salute negli ambienti confinati, ma solo disposizioni nazionali e direttive comunitarie frammentarie e non in grado di gestire efficacemente la complessa materia.

Quindi va da sé che la citata norma UNI 10339:95 non era più in grado di assolvere il compito assegnatole, dal punto di vista tecnico-funzionale e oggi anche sotto il profilo legislativo.

Il documento varato dal Ministro della Salute, dalle Regioni e dalle Province Autonome chiedeva

che fossero le competenze locali e regionali ad emanare regolamenti, linee guida, strategie atte a salvaguardare la salute dei cittadini in relazione al rischio rappresentato da una cattiva qualità dell'aria interna (IAQ). In particolare:

Anche se alcuni obiettivi strategici risultano di non facile realizzazione, la principale finalità del documento è essenzialmente quella di promuovere ed implementare le iniziative di promozione della salute e di prevenzione dei rischi "indoor", nella programmazione sanitaria nazionale, regionale e locale, seguendo il principio di sussidiarietà e di cooperazione tra Stato, Regioni ed Enti locali e creando un'occasione di dialogo, di concertazione e coordinamento tra i diversi livelli organizzativi istituzionali".

I regolamenti attuativi da redigere in materia avrebbero dovuto tenere conto delle realtà edilizie locali, del contesto generale in cui si operava, delle nuove problematiche impiantistiche che venivano a crearsi, delle necessità di ottenere e conservare nel tempo ambienti salubri e confortevoli; esse dovevano disciplinare e stabilire le linee guida di "qualità dell'aria", a volte diverse tra loro perché diversi sono gli ambienti indoor e molteplici le loro destinazioni d'uso. In pratica, non bastava stabilire le sole, anche se pur necessarie, quantità d'aria esterna di ventilazione minime, ma si doveva prevedere anche degli standard minimi di qualità dell'aria indoor, stabilendo dei limiti massimi di accettabilità di concentrazione degli inquinanti.

Quegli standard dovevano stabilire dei parametri di valutazione oggettiva dell'aria stessa e prendere in considerazione alcune e ben determinate sostanze inquinanti di riferimento (marker) tipicamente presenti negli ambienti confinati.

I marker, tramite le loro concentrazioni, dovevano rappresentare un indice di qualità dell'aria ottimale, un indice valutato in maniera oggettiva tramite misurazioni strumentali e metodiche, accertate e univoche, valutate anche in funzione del tempo di esposizione degli occupanti l'ambiente interno. Ciò avrebbe permesso all'organo verificatore incaricato di valutare in modo corretto ed oggettivo se il livello di qualità dell'aria interna esistente in un determinato ambiente poteva ritenersi accettabile o no, o quantomeno potesse rappresentare un rischio ritenuto "accettabile" per la salute degli occupanti stessi.

15.1.1 Tab. 1: Gli inquinanti indoor secondo

“Linee-guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati”

Inquinanti indoor	
Inquinanti chimici	Ossidi di azoto (NO ₂ , NO _x), Ossidi di zolfo (SO ₂), Monossido di carbonio (CO), Ozono (O ₃), Particolato aerodisperso (PM _{2,5} PM ₁₀), Composti organici volatili (VOC), Benzene, Formaldeide, Idrocarburi aromatici policiclici (IPA), Fumo di tabacco (ETS), Fumo di legna, Antiparassitari, Amianto, Fibre minerali sintetiche (MMMF).
Inquinanti fisici	Radon
Inquinanti biologici	Allergeni, batteri, funghi

Naturalmente gli standard redatti nelle sedi e dagli enti locali preposti, dovevano essere armonizzati tra loro e in ogni modo dovevano rifarsi ai valori e alle finalità enunciati, volta per volta, nelle linee guida sulla qualità dell’aria emanate dalla Comunità Europea e dall’OMS.

La sede regionale europea dell’OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità), infatti, ha redatto ed emanato un documento dal titolo **“Air quality guidelines for Europe”**, che è costantemente aggiornato. Esso fotografa e fa il punto sullo stato dell’arte delle conoscenze inerenti la qualità dell’aria in generale e sulle sue implicazioni sulla salute delle persone, aggiornando i requisiti necessari affinché si ottenga e si possa mantenere un’aria indoor sempre più salubre.

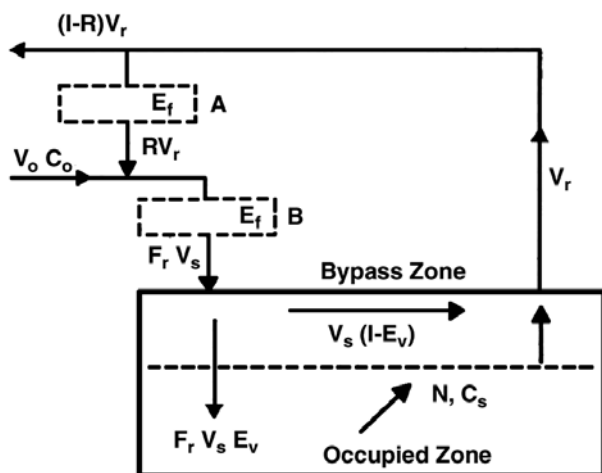
15.2 Gli standards e loro applicazioni

La norma italiana UNI 10339 “Impianti aeraulici a fini di benessere” citata in precedenza, era stata redatta sui principi e sulle finalità dello standard americano ASHRAE STD 62-1989.

Questo standard, ora superato, era riconosciuto in campo internazionale dagli addetti ai lavori ed era fonte e base d’innumerevoli altri standard di altri paesi in tutto il mondo. Nonostante questo documento contemplasse metodologie diverse d’intervento per ottenere una migliore qualità dell’aria indoor, **“molti concepiscono questo standard ASHRAE come una tabella di requisiti riguardanti la sola ventilazione e credono che sia sufficiente progettare un sistema che garantisca un flusso d’immissione d’aria dall’esterno tarato sui valori di quella tabella per essere in regola con lo standard. Ma è un’errore!”** (A.Persily - IAQ Applications- Spring 2003). In realtà questo STD 62 contemplava numerosi altri requisiti concernenti la progettazione, il commissioning, la messa in

opera e la manutenzione di sistemi e edifici. Per essere in linea con lo standard era necessario attec-
nersi a tutti questi requisiti. Inoltre, questo standard, contrariamente alla UNI 10339:95, conteneva
anche un approccio alla progettazione orientato alla “prestazione” (IAQ procedure) che assumeva il
ruolo di alternativa e/ o complemento alla tabella dei soli requisiti di ventilazione.

15.2.1 Fig. 1: Schema di riferimento con l'utilizzo di un siste- ma di filtrazione in ricircolo (ASHRAE STD 62-2001)



Esso inoltre, veniva costantemente aggiornato con decine di allegati (addenda) proposti e appro-
vati dopo indagini pubbliche a livello mondiale. Uno di questi (add. 62i) chiariva come la “procedu-
ra IAQ” fosse un approccio basato sulla prestazione/rendimento e alternativo alla progettazione di
sistemi di ventilazione, aggiungendo che poteva essere impiegato in sostituzione della procedura
prescrittiva (UNI 10339:95) basata unicamente sui volumi d’aria di ventilazione (ventilation rate
procedure).

Questa procedura alternativa, inclusa nello standard 62 a partire dal 1981, prevedeva l’utilizzo di
linee guida di riferimento e indici di qualità dell’aria enunciati da organismi sanitari competenti,
sia nazionali che internazionali, come ad esempio il WHO (World Health Organization) e le sue sedi
regionali nel mondo. Lo standard 62, nella versione 2001, conteneva una breve descrizione e le
modalità di calcolo e verifica della “procedura IAQ”. Grazie a questa procedura la progettazione di
un sistema ventilante mirava alla qualità dell’aria indoor, introducendo altre soluzioni tecniche, al
fine di mantenere la concentrazione di alcuni contaminanti al di sotto di “determinati livelli specifici”
stabiliti dall’OMS.

15.2.2 Fig. 2: Tabella che illustra le modalità di calcolo in alcune tipologie d'impianto in funzione dell'aria esterna richiesta, della concentrazione interna degli inquinanti con l'utilizzo di un appropriato sistema di filtrazione in ricircolo (ASHRAE STD 62-2001)

Class	Required Recirculation Rate				Required Outdoor Air	Space Contaminant Concentration	Required Recirculation Rate
	Filter Location	Flow	Temp.	Outdoor Air			
I	None	VAV	Constant	100%	$V_o = \frac{N}{EvFr(C_s - C_o)}$	$C_s = C_o + \frac{N}{EvFrV_o}$	Not applicable
II	A	Constant	Variable	Constant	$V_o = \frac{N - EvRVrErCs}{Ev(C_s - C_o)}$	$C_s = \frac{N + EvVoCo}{Ev(V_o + RVrEr)}$	$RVr = \frac{N + EvVo(C_o - C_s)}{EvErCs}$
III	A	VAV	Constant	Constant	$V_o = \frac{N - EvFrRVrErCs}{Ev(C_s - C_o)}$	$C_s = \frac{N + EvVoCo}{Ev(V_o + FrRVrEr)}$	$RVr = \frac{N + EvVo(C_o - C_s)}{EvFrErCs}$
IV	A	VAV	Constant	Proportional	$V_o = \frac{N - EvFrRVrErCs}{EvFr(C_s - C_o)}$	$C_s = \frac{N + EvFrVoCo}{FrEv(V_o + RVrEr)}$	$RVr = \frac{N + EvFrVo(C_o - C_s)}{EvFrErCs}$
V	B	Constant	Variable	Constant	$V_o = \frac{N - EvRVrErCs}{Ev[C_s - (1 - Er)Co]}$	$C_s = \frac{N + EvVo(1 - Er)Co}{Ev(V_o + RVrEr)}$	$RVr = \frac{N + EvVo[(1 - Er)Co - C_s]}{EvErCs}$
VI	B	VAV	Constant	Constant	$V_o = \frac{N - EvFrRVrErCs}{Ev[C_s - (1 - Er)Co]}$	$C_s = \frac{N + EvVo(1 - Er)Co}{Ev(V_o + FrRVrEr)}$	$RVr = \frac{N + EvVo[(1 - Er)Co - C_s]}{EvFrErCs}$
VII	B	VAV	Constant	Proportional	$V_o = \frac{N - EvFrRVrErCs}{EvFr[C_s - (1 - Er)(Co)]}$	$C_s = \frac{N + EvFrVo(1 - Er)Co}{EvFr(V_o + RVrEr)}$	$RVr = \frac{N + EvFrVo[(1 - Er)Co - C_s]}{EvFrErCs}$

A molti progettisti e operatori del settore è parso estremamente importante includere negli standards più procedure e diverse metodologie da applicabili alle diverse situazioni progettuali, *in modo da incoraggiare una progettazione innovativa e lo sviluppo di nuove tecnologie per il miglioramento della qualità dell'aria negli ambienti confinati*.

Anche quest'importante standard internazionale prevedeva già quello che le linee guida del nostro Ministero della Salute avevano auspicato nel documento citato in precedenza.

È questo un modo utile e concreto per sostenere lo studio di nuove e migliori metodologie produttive, sviluppare materiali innovativi a bassa emissione di inquinanti e incentivare lo studio e lo sviluppo di dispositivi di purificazione dell'aria sempre più efficaci ed efficienti, in grado anche di contenere e ridurre i costi energetici che una buona qualità dell'aria necessariamente comporta in molte zone climatiche nel mondo.

15.3 La ventilazione per migliorare la qualità dell'aria interna

15.3.1 Strategie di intervento

La principale strategia d'intervento attuale è ancora quella di ventilare l'ambiente interno in modo più o meno massiccio con aria prelevata all'esterno debitamente filtrata. Inoltre esiste ancora l'assioma che più aria esterna si utilizza migliore risulterà essere la qualità dell'aria interna. Ovviamente ciò è vero soltanto quando l'aria esterna è di buona qualità, ma soltanto recentemente si valuta oggettivamente il grado di purezza dell'aria nell'ambiente esterno.

Spesso "si lava" ancora oggi una superficie sporca (l'aria in un locale interno) con un panno anch'esso sporco (l'aria esterna), creando così una sovrapposizione di "sporco" più pericoloso di quello che si voleva eliminare e diversificandolo. Quindi la cosa principale da tenere in considerazione è quella di utilizzare sempre "panni" puliti e nel caso non lo fossero, provvedere e predisporre accorgimenti quali la loro preventiva pulizia e igienizzazione.

15.3.2 Le normative e la legislazione attuali

La qualità dell'aria interna degli ambienti confinati è oggetto di normativa tecnica in Italia dal 1995 con la norma superata UNI 10339, ed ora sostituita dalle norme europee UNI EN 13779 e UNI EN 15251 nella loro versione revisionata nel 2008. In alcuni settori specifici (attività di processo) esistono delle leggi regolamentari specifiche, alcune di esse ancora valide e di riferimento per il settore di appartenenza.

Allo stato odierno, tutto quanto fa riferimento alla tutela della salute degli occupanti gli ambienti confinati, in relazione all'inquinamento indoor e alle metodiche di ventilazione e filtrazione dell'aria, è oggetto di normative europee approvate (EN UNI 16798 divisa in 9 grandi temi diversi con 9 relativi consigli attuativi). Tali normative sono volte all'ottenimento di prestazioni in linea con i dettami attuali dell'OMS e sono espresse secondo concentrazioni massime accettabili di specifici inquinanti aerodispersi e in particolare dei PM, ovvero polveri sottili. In base a questa innovativa concezione normativa e tecnica di settore, le norme europee indicheranno solamente il fine da ottenere (prestazione) e lasceranno ai vari stati gli strumenti e i metodi pratici da applicare per ottenere gli obiettivi comunitari approvati in sede legislativa. Gli stati membri potranno far propri i consigli allegati alle varie normative europee, oppure utilizzare strumenti loro (normative specifiche regolamentari nazionali) e più congrui e confacenti alle proprie problematiche climatiche, edilizie, tecnologiche ecc. purché siano garantiti e misurabili i risultati ottenuti e finalizzati all'ottenimento del fine comune comunitario di tutela della salute.

In tale quadro normativo europeo, l'Italia, tramite i suoi organi normativi, ha da poco approvato la stesura della revisione della 10339rev. che si trova ora al vaglio di UNI per la pubblicazione. La revi-

sione appena citata, è in linea e complementare alle normative europee attuali e sarà uno strumento indispensabile agli operatori del settore della climatizzazione al fine di rispettare la legislazione vigente in tema di qualità dell'aria.

15.3.3 Metodologie utilizzabili

Le normative di riferimento internazionali, comprese quelle europee, descrivono due principali metodi d'intervento utilizzabili. Tutti e due i metodi sono volti al fine di ottenere in ambiente una concentrazione d'inquinanti tale da rappresentare un rischio per la salute accettabile a seconda delle tipologie e alla destinazione d'uso degli ambienti stessi, in linea con le direttive e gli intendimenti di purezza per l'aria esterna. Le metodologie utilizzate sono il "metodo prescrittivo" e il "metodo prestazionale".

15.3.3.1 Metodo prescrittivo

Questa metodologia d'intervento prevede tassi minimi di ventilazione con aria esterna in 5 differenti classi di qualità dell'aria immessa in relazione alla qualità interna da ottenere. Essa parte dal presupposto che predeterminate quantità d'aria esterna siano sufficienti a diluire tutti gli inquinanti, purché siano prodotti all'interno di ambienti "standard" e che l'unica fonte presente sia l'occupante stesso: utilizzare tali quantità è di fatto matematicamente sufficiente allo scopo. La valutazione di un impianto di ventilazione realizzato in base a questa metodologia sta nella semplice misurazione delle portate d'aria esterna e nella verifica della presenza di filtri con un grado di separazione degli inquinanti particellari variabile in funzione della classe di qualità dell'aria immessa (SUP) e dalla classe di qualità dell'aria esterna presente (ODA). Le normative nazionali ed internazionali attuali che descrivono questo metodo sono:

- ❑ **UNI 10339rev.** (4 capitoli) "Impianti aeraulici per la climatizzazione – Classificazione, prescrizione e requisiti prestazionali per la progettazione e la fornitura".
- ❑ **UNI EN 16798.1:2019** "Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 1
- ❑ **UNI EN 16798-1:2019 Allegato A Normativo** "Tutti i criteri nazionali raccomandati per l'ambiente interno" in fase di discussione e approvazione in seno a CTI.
- ❑ **UNI EN 16798-3:2018** "Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 3"
- ❑ **PrEN 14788** "Ventilation in residential buildings"
- ❑ **ASHRAE STD 62-2001** "Ventilation for acceptable indoor air quality"

L'impianto deve assicurare:

- ❑ Un'immissione di aria esterna pari o maggiore ai valori minimi determinati in relazione alla classe di qualità richiesta e alla soluzione adottata per la diffusione dell'aria in ambiente (efficienza di

ventilazione).

- ❑ Le portate minime di aria esterna, o nei casi specificati quelle di estrazione, vengono riferite al numero di persone presenti ($\text{m}^3/\text{h}/\text{pers.}$) o alla superficie utile in pianta ($\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$).
- ❑ Una filtrazione minima convenzionale dell'aria (esterna, ricircolata e/o secondaria, se prevista) tramite impiego di filtri di classe appropriata, per ciascun tipo di locale.
- ❑ Una movimentazione dell'aria (nel volume convenzionale occupato) con velocità comprese entro i limiti previsti.

15.4 Quantificazione dell'aria esterna e la sua qualità

- ❑ UNI 10339rev. (in stesura e approvazione)
- ❑ UNI EN13779 UNI EN 15251 (ritirate*)
- ❑ UNI EN 16798.1, UNI EN 16798.2, UNI EN 16798.3, UNI EN 16798.4
- ❑ UNI EN 16798.1 Allegato A nazionale (normativo)
- ❑ Regolamenti d'igiene locali e/o regionali
- ❑ Linee guida nazionali o locali (D.L. 2010 e agg.)
- ❑ Air Quality Guidelines for Europe OMS (1999-2015)

* norme ritirate e sostituite dalla serie 16798 ma qui citate per utilità di comprensione

15.5 Verifica dei sistemi filtranti sull'aria esterna per la diluizione e la rimozione degli inquinanti particellari aerodispersi

- ❑ UNI EN 779:2012 (ritirata)
- ❑ UNI EN ISO 16980:2017
- ❑ UNI EN 1822:2009 (In revisione e approvazione)
- ❑ UNI 11254:2007 nuova norma per i filtri elettrostatici a pias

15.5.1.1 Metodo prestazionale

Questa metodologia prevede:

- ❑ una determinazione predittiva di tassi minimi di ventilazione con aria esterna,
- ❑ un uso di filtri in classe adeguata e certificata sull'aria esterna,
- ❑ una determinazione degli inquinanti rilevanti interni
- ❑ utilizzo di tecnologie filtranti adeguate e certificate su sistemi a ricircolo o ad aria secondaria o altro,
- ❑ rispetto delle concentrazioni massime interne degli inquinanti come previsto e sancito dai dettami legislativi atti a garantire la salute delle persone presenti e il comfort ambientale. Detto in altri termini questa metodologia impiantistica deve ***“Assicurare che all'interno dell'ambiente***

considerato non vi siano sostanze inquinanti in concentrazioni tali da arrecare danno alle persone che ci vivono o lavorano". Tale metodologia prevede tutti gli usi corretti della tecnologia disponibile per arrivare ad un obiettivo di qualità determinato dagli enti preposti (d.l. nazionali, OMS). La certificazione di un impianto di ventilazione realizzato in base a questa metodologia è data dalle prestazioni reali dell'impianto stesso, prestazioni legate alla verifica della presenza in ambiente di inquinanti in concentrazioni tali da essere un rischio ritenuto accettabile per la salute delle persone presenti.

Le normative nazionali ed internazionali che descrivono questo metodo sono:

- ❑ ****UNI EN 13779:2008** "Ventilazione degli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di climatizzazione (ritirata)
- ❑ **UNI EN 16798-1:2019** "Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 1: Parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica - Modulo M1-6"
- ❑ **UNI EN 16798-1:2019** Allegato A Normativo "Tutti i criteri nazionali raccomandati per l'ambiente interno" in fase di discussione e approvazione in seno a CTI.
- ❑ **CEN/TR 16798-2:2019** "Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 2: Interpretazione dei requisiti nella EN 16798-1 - Parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica - Modulo M1-6"
- ❑ **UNI EN 16798-3:2018** Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 3: Per gli edifici non residenziali - Requisiti prestazionali per i sistemi di ventilazione e di condizionamento degli ambienti (Moduli M5-1, M5-4)
- ❑ **UNI CEN/TR 16798-4:2018** Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 4: Interpretazione dei requisiti nella EN 16798-3 - per gli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e condizionamento degli ambienti (Moduli M5-1, M5-4)
- ❑ **prUNI 10339** "Impianti aeraulici per la climatizzazione - Parte 1: Classificazione e prescrizioni relative a componenti e sistemi aeraulici" - Parte 2: Procedure per la progettazione, l'offerta e la fornitura degli impianti" - Parte 3: Impianti aeraulici in edifici e ambienti non residenziali - Qualità dell'aria e progetto della ventilazione - Parte 4: Impianti aeraulici in edifici e ambienti residenziali - Qualità dell'aria e progetto della ventilazione
- ❑ **ASHRAE STD 62-2001** Ventilation for acceptable indoor air quality (IAQ Procedure)

** norma ritirata e sostituita dalla 16798.3 ma qui citata per utilità di comprensione

Definizione e caratteristiche chimico-fisiche degli inquinanti aerodispersi

- ❑ Linee guida nazionali per l'aria esterna/interna
- ❑ Air Quality Guidelines for Europe OMS

Verifica dei sistemi filtranti sull'aria esterna, su quella di ricircolo e su quella secondaria per la diluizione e la rimozione degli inquinanti aerodispersi (PM)

- ❑ UNI EN ISO 16980:2017
- ❑ UNI EN 1822 in via di revisione
- ❑ UNI 11254:2007

Le tipologie di ventilazione degli impianti che utilizzano il metodo prestazionale devono prevedere obbligatoriamente una minima portata d'aria esterna opportunamente filtrata e, facoltativamente, a seconda delle esigenze specifiche dell'impianto stesso, della zona climatica, dell'ubicazione, dei fattori di inquinamento interno o esterno e del risparmio energetico:

- ❑ Un'ulteriore quantità d'aria esterna opportunamente filtrata per persona o m².
- ❑ Un'integrazione della quantità d'aria di ventilazione con aria di ricircolo opportunamente filtrata
- ❑ Un'integrazione della quantità d'aria di ventilazione con aria secondaria opportunamente filtrata
- ❑ Controllo delle concentrazioni inquinanti rilevanti (tipicamente PM₁₀ e PM_{2,5})

16 Le norme di riferimento europee e nazionali

16.1 UNI EN 13779:2008 “Ventilazione degli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di climatizzazione”

(stralcio della parte normativa inerente la qualità dell'aria)

Norma superata e ritirata, viene inserita qui per completezza e utilità nella comprensione dell'approccio nuovo. Sostituiva la UNI EN 13779:2005

16.1.1 Ambito di applicazione

Il presente Standard Europeo vale per la progettazione e l'implementazione di sistemi di ventilazione e climatizzazione per edifici non residenziali soggetti a occupazione umana. Esso si concentra sulle definizioni dei differenti parametri di rilievo relativi a tali sistemi. Gli edifici a ventilazione naturale non rientrano nell'ambito di applicazione del presente standard.

La classificazione fa uso di diverse categorie. Per alcuni valori sono forniti esempi, e per i requisiti si presentano range tipici corredati di valori di default. I valori di default forniti nello standard dovranno essere impiegati qualora non vengano precisati valori diversi e non hanno carattere normativo. La classificazione dovrebbe sempre essere adeguata al tipo di edificio e all'uso cui si intende adibirlo, e il principio della classificazione andrà messo in chiaro nei casi in cui non ci si serva degli esempi forniti nello standard.

Nota: Norme diverse possono esprimere le categorie per gli stessi parametri in maniera diversa, e anche le categorie dei simboli possono variare.

16.1.2 Generalità

I criteri di progetto specificano le informazioni necessarie per progettare il sistema. Questi criteri costituiscono anche le basi per le misure che saranno realizzate durante il processo di completamento. Essi forniscono un linguaggio comune tra tutte le parti, incluso il cliente, il progettista, il contraente ed il personale di installazione e manutenzione. L'informazione necessaria per progettare il sistema è organizzata sulla base dei vari documenti presentati. Se il metodo utilizzato per il dimensionamento del sistema necessita di più dettagli, essi devono essere forniti. La procedura di calcolo per i requisiti energetici del sistema di ventilazione è presentata nella EN 15241.

16.1.3 Principi

Sebbene nella presente norma i termini “cliente”, “progettista”, o “contraente” siano utilizzati per de-

scrivere la funzione, le responsabilità sono determinate in base al contratto. Il loro utilizzo non presuppone alcuna definizione della responsabilità per l'informazione.

Inoltre, se una parte non fornisce l'informazione, l'altra dovrebbe chiederla oppure fare le necessarie assunzioni. Tutte le decisioni chiave per la progettazione devono essere concordate e documentate. Per la progettazione dell'impianto devono essere ottenute la descrizione delle caratteristiche dell'ambiente e la struttura dell'edificio.

I risultati desiderati richiesti al momento della conclusione e durante le operazioni correnti dovrebbero essere specificati e documentati. La descrizione dell'edificio con i dati costruttivi, di utilizzo ed i requisiti è un processo in evoluzione con un incremento dei gradi di dettaglio e accuratezza con l'evoluzione del progetto.

Di conseguenza l'utilizzo di tutte le specifiche deve sempre essere stabilito chiaramente. I dettagli sull'informazione necessaria sono anche dipendenti dal metodo di calcolo che è utilizzato. Si raccomanda, durante le fasi di progettazione, l'uso di un sistema di abbreviazioni per le costruzioni, l'utilizzo dei locali ed i requisiti degli stessi.

16.1.4 Caratteristiche generali dell'edificio

Dati climatici esterni

Devono essere fornite informazioni sul clima dell'ambiente; come minimo sono richieste le condizioni di progetto per l'inverno e l'estate.

I parametri climatici più importanti per il progetto sono:

- inverno: temperature esterne e velocità del vento;
- estate: temperatura esterna, umidità e radiazione solare.

Deve essere definito l'anno di riferimento considerato al fine di valutare il consumo energetico annuale. Le informazioni aggiuntive sull'evenienza di situazioni estreme sono utili in alcuni casi, in modo particolare per controllare la situazione di comfort. Il prEN 15243 fornisce maggiori informazioni sull'applicazione.

Dati costruttivi

Tutte le parti dell'edificio devono essere specificate in una lista con i dati costruttivi pertinenti.

Descrizione geometrica

Deve essere presentata la descrizione geometrica incluse le informazioni sull'orientamento degli elementi esposti verso l'esterno, e questo può essere fatto mediante disegni e/o prospetti.

Si raccomanda la specifica del volume netto e della superficie del pavimento, locale per locale.

Generalità

L'informazione sull'utilizzo di ogni locale o gruppo di locali con impiego simile deve essere fornita preferibilmente in un prospetto.

Deve essere inclusa l'informazione necessaria secondo EN 12599:2000.

Occupazione umana

Deve essere specificata la condizione di progetto nel rispetto del numero di persone che possono essere presenti in un locale per un più lungo periodo di tempo.

Questo numero costituisce una condizione di base di utilizzo perché la portata di ventilazione sia progettata per quel livello di occupazione. In aggiunta, devono essere definiti l'attività svolta ed il tipo di vestiario. Il livello di occupazione deve essere fornito in una scheda dove, ad esempio, specifica i valori orari in giornate tipiche.

Altri apporti di calore interni

Apporti gratuiti di calore interni (persone, luci ed attrezzature) devono essere specificati per i vari locali o per gruppi di locali. I guadagni devono essere definiti come segue:

- guadagni sensibili, convettivi o radiativi;
- guadagni latenti.

Essi devono essere definiti in schede adeguate al tipo di occupazione.

Altre fonti interne di inquinamento ed umidità

Deve essere definita, quando pertinente, una produzione particolare di inquinamento o di umidità in un locale, con riferimento ai limiti degli inquinanti stessi che possono essere presi in considerazione nel locale. Ogni inquinante deve essere definito dalla sua scheda di produzione con riferimento ad un valore limite.

Portata di estrazione fornita

In alcune applicazioni la portata di estrazione è data dal tipo di processo o di attrezzatura. In questo caso deve essere definita la portata di estrazione.

16.1.5 Qualità dell'aria per le persone

Il livello di qualità dell'aria richiesto ed il metodo di classificazione applicato devono essere specificati. Il permesso di fumare, ad esempio, rappresenta un'importante informazione. Le portate d'aria necessarie per raggiungere requisiti specificati devono essere calcolate.

Se non è dichiarato nulla, le portate di aria esterna per persona, per la categoria IDA 2 della qualità dell'aria interna, possono essere utilizzate come riferimento.

16.1.6 Velocità dell'aria

La velocità dell'aria nella zona occupata non deve eccedere i limiti concordati.

16.1.7 Requisiti del sistema

I requisiti pertinenti del sistema devono essere specificati.

I requisiti del sistema devono anche essere conformi alle regolamentazioni e linee guida nazionali vigenti, incluse quelle relative alla sicurezza di incendio delle strutture e a regolamentazioni relative all'acustica.

I requisiti del sistema tipicamente includono:

- posizione delle bocchette di immissione di aria e delle aperture di scarico
- filtrazione dell'aria;
- recupero di calore;
- riutilizzo dell'aria estratta;
- isolamento termico del sistema;
- tenuta all'aria del sistema;
- condizioni di pressione nel sistema e nell'edificio, tenendo in considerazione la tenuta all'aria dell'edificio e del sistema;
- consumo elettrico;
- requisiti di spazio per i componenti e i sistemi;
- aspetti relativi all'installazione, l'utilizzo e la manutenzione.

Requisiti generali per il controllo e il monitoraggio

Deve essere specificato il metodo per il controllo e il monitoraggio di tutti i sistemi.

In alcune applicazioni è utile distinguere tra il primo anno di operazione ed i periodi successivi. Il monitoraggio del consumo energetico deve includere un controllo periodico del consumo energetico di sistemi individuali importanti e dell'intero edificio.

Inoltre deve essere identificato un concetto per le misure di uno stadio iniziale del progetto e, se necessario, devono essere installati dispositivi per le misurazioni. Cambiamenti di utilizzo e di requisiti dovrebbero essere seguiti da adattamenti del sistema.

Requisiti generali per la manutenzione e le operazioni di sicurezza

Il sistema deve essere progettato per permettere un efficiente servizio ed una manutenzione tale da assicurare operazioni efficaci.

Il sistema deve essere progettato in modo tale che, con appropriate operazioni e manutenzione, esso rimanga in condizioni di esercizio per un ragionevole periodo di tempo. Deve essere progettato in modo tale da facilitare la manutenzione, la pulizia, le operazioni di servizio (vedere EN 12097). Le attrezzature devono essere fornite con una appropriata protezione e dispositivi di sicurezza per la manutenzione ed i lavori di riparazione e per arresti di emergenza.

16.1.8 Processo dall'inizio del progetto fino all'esercizio

a) Inizio del progetto.

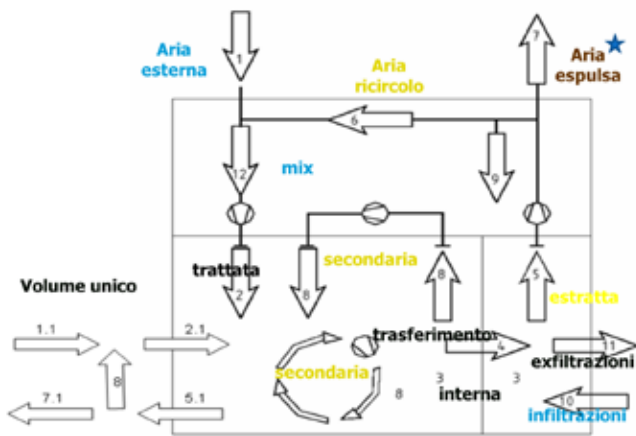
b) Definizione delle condizioni di progetto e dei requisiti.

- c) Controllo con le autorità, regolamentazioni pertinenti.
- d) Progetto.
- e) Installazione.
- f) Controllo dell'installazione.
- g) Inizio del funzionamento, controllo delle funzioni, bilanciamento, prove con registrazioni scritte.
- h) Dichiarazione del termine dell'installazione, indirizzata al cliente.
- i) Controllo di completezza comune, prove funzionali, misurazioni funzionali e particolari misure secondo la EN 12599.
- j) Completamento del sistema incluso la consegna di tutta la documentazione pertinente con le istruzioni di come far funzionare e mantenere il sistema, al cliente.
- k) Operazione e manutenzione.
- l) Ispezioni regolari (vedere EN 15240 e EN 15239).
- m) Monitoraggio dei consumi energetici mediante annotazioni oppure mediante un altro sistema di registrazione.

Nota: Ogni sistema di ventilazione, condizionamento dell'aria, o condizionamento di un ambiente richiede un'adeguata procedura di funzionamento e di manutenzione al fine di soddisfare le condizioni garantite nei locali, per assicurare un funzionamento energeticamente efficiente in tutte le situazioni e per evitare le emissioni dal sistema di ventilazione nei locali, per garantire generalmente una buona qualità dell'aria nei locali e per proteggere il sistema da danni e da un prematuro fallimento. È raccomandato di preparare un libretto che contenga una descrizione delle misure per il controllo, il servizio e la manutenzione, inclusi gli intervalli di tempo e le responsabilità (vedere anche EN15240 e EN 15239).

Lo Standard Europeo incorpora, richiamandole con o senza data, norme tratte da altre pubblicazioni. Tali riferimenti normativi sono citati nel testo nei luoghi opportuni. Nel caso di riferimenti con data, i successivi emendamenti e le revisioni di qualunque di queste pubblicazioni sono valide ai fini dello Standard Europeo soltanto se incorporate in esso per mezzo di emendamenti e revisioni. Nel caso di riferimenti senza data, vale l'ultima edizione della pubblicazione in questione (emendamenti compresi).

16.1.9 Definizioni e tipologie dell'aria



2 definizioni

Numero (in figura 1)	Tipo di aria	Abbreviazione	Colore	Definizione
1	Aria esterna	ODA	Verde	Aria che entra nel sistema o in aperture provenienti dall'esterno prima di qualsiasi trattamento
2	Aria di apporto	SUP	Blu	Portata d'aria che entra nel locale trattato, oppure aria che entra nel sistema dopo un qualsiasi trattamento
3	Aria interna	IDA	Grigio	Aria nel locale o nella zona trattata
4	Aria trasferita	TRA	Grigio	Aria interna che passa da un locale trattato ad un altro locale trattato
5	Aria estratta	ETA	Giallo	Portata d'aria che lascia il locale trattato
6	Aria di ricircolo	RCA	Arancione	Aria estratta che viene riportata al sistema di trattamento ed è riutilizzata come aria di apporto
7	Aria espulsa	EHA	Marrone	Portata d'aria scaricata in atmosfera
8	Aria secondaria	SEC	Arancione	Portata d'aria prelevata da un locale e riportata nel locale dopo un qualsiasi trattamento
9	Perdita	LEA	Grigio	Portata d'aria non intenzionale dovuta a punti di perdita nel sistema
10	Infiltrazione	INF	Verde	Perdita d'aria verso l'esterno dell'edificio dovuta a punti di perdita presenti in elementi strutturali che la separano dall'aria esterna
12	Aria miscelata	MIA	Colori separati per ogni flusso	Aria che contiene due o più flussi d'aria
1.1	Aria esterna per singolo locale	SRO	Verde	Aria entrante nella unità di trattamento dell'aria del singolo locale o apertura dall'esterno prima di qualsiasi trattamento dell'aria
2.1	Aria di apporto per singolo locale	SRS	Blu	Portata d'aria entrante nel locale trattato
5.1	Aria estratta per singolo locale	SET	Giallo	La portata dell'aria che lascia il locale trattato verso una unità di trattamento dell'aria di un singolo locale
7.1	Aria espulsa per singolo locale	SEH	Marrone	Portata di aria scaricata in atmosfera da parte di una unità di trattamento dell'aria per singolo locale

16.1.10 Efficienza di ventilazione

La nuova norma descrive un nuovo parametro finalizzato a valutare il grado di miscelazione dell'aria introdotta in ambiente. A tale scopo mette in relazione la concentrazione di una determinata sostanza presente in ambiente in rapporto alla sua concentrazione nell'aria estratta dello stesso. Tale rapporto è evidenziato nella fig.3.

$$\epsilon_v = \frac{C_{EHA} - C_{SUP}}{C_{IDA} - C_{SUP}}$$

dove:

ϵ_v : Efficienza di ventilazione

C_{EHA} : Concentrazione di un determinato inquinante nell'aria espulsa

C_{IDA} : Concentrazione di un determinato inquinante nell'aria interna della zona occupata

C_{SUP} : Concentrazione di un determinato inquinante nell'aria d'apporto

Esempi predittivi dell'efficienza di ventilazione

Diffusione dell'aria	Getto freddo $\Delta\theta < 0K$		Getto caldo		
	Velocità effettiva	Efficienza di ventilazione	$\Delta\theta$ (Apporto interno)	Soffitto basso	Soffitto alto
Getto con miscelazione orizzontale	> 1,5 m/s	0,9 - 1,1	>10 °C	0,8 - 1	Nessun consiglio
	<0,5 m/s	0,7 - 0,9	>15 o 20 °C	0,4 - 0,8	Nessun consiglio
Getto con miscelazione verticale	Tutti diffusori	0,9 - 1,1	<10 °C	0,6 - 0,8	0,8 - 1 ^{a)}
			>15 °C	0,4 - 0,8	
Ventilazione a dislocamento		1,0 - 2		0,2 - 0,7	Nessun consiglio
a) Applicando questo valore si intende che i diffusori utilizzati sono a geometria potenziata o movimento circolare. Se sono utilizzati con diffusori con una geometria fissa, si restringe il campo al solo riscaldamento (non raffreddamento) e deve essere tenuta in considerazione $\Delta\theta$ in un'appropriata e attenta selezione $\Delta\theta$.					

16.1.11 La classificazione dell'aria

Aria estratta

Nella tabella x seguente viene evidenziata la classificazione dell'aria estratta (ETA) in base al contenuto e alla natura degli inquinanti presenti.

Categoria	Descrizione
ETA 1 EHA 1	Aria estratta con basso livello di inquinamento
	Aria proveniente da locali nei quali le principali fonti di emissione sono i materiali e le strutture di costruzione e aria dai locali occupati dove le fonti di emissione principali sono il metabolismo umano e i materiali e le strutture di costruzione. Sono esclusi i locali dove è consentito fumare.
ETA 2 EHA 2	Aria estratta a modesto livello di inquinamento
	Aria proveniente da locali occupati che contiene più impurità provenienti dalle stesse fonti e/o da attività umane rispetto alla categoria 1. Locali che sarebbero compresi nella categoria 1, ma dove è consentito fumare.
ETA 3 EHA 3	Aria estratta ad alto livello di inquinamento
	Aria proveniente da locali nei quali l'emissione di umidità, processi, sostanze chimiche, ecc, riducono considerevolmente la qualità dell'aria.
ETA 4 EHA4	Aria estratta ad altissimo livello di inquinamento
	Aria contenente odori ed impurità in concentrazioni sensibilmente più elevate di quelle permesse per l'aria interna nelle zone occupate.

Aria espulsa

Nella tabella x viene evidenziata la classificazione dell'aria espulsa (EHA) nell'ambiente esterno.

Categoria	Descrizione	Esempi
ETA 1 EHA 1	Aria estratta con basso livello di inquinamento	
	Aria proveniente da locali dove le principali fonti di emissione sono i materiali e le strutture di costruzione e aria proveniente da locali occupati dove le fonti di emissione principali sono il metabolismo umano e i materiali e le strutture di costruzione. Sono esclusi i locali in cui è consentito fumare.	Uffici, compresi i locali di piccoli magazzini integrati, spazi per il servizio pubblico, aule scolastiche, scalinate, corridoi, sale riunioni, spazi commerciali privi di fonti di emissione aggiuntive
ETA 2 EHA 2	Aria estratta a modesto livello di inquinamento	
	Aria proveniente da locali occupati che contiene più impurità provenienti dalle stesse fonti e/o da attività umane rispetto alla categoria 1. Locali che sarebbero compresi nella categoria ETA 1, ma dove è consentito fumare.	Sale da pranzo, cucine per la preparazione di bevande calde, negozi, locali magazzino in edifici per uffici, stanze d'albergo, spogliatoi.
ETA 3 EHA 3	Aria estratta ad alto livello di inquinamento	
	Aria proveniente da locali nei quali l'emissione di umidità, processi, sostanze chimiche, ecc, riducono sensibilmente la qualità dell'aria.	Bagni e lavanderie, saune, cucine, sale per le fotocopie, locali progettati appositamente per fumatori.
ETA 4 EHA4	Aria estratta ad altissimo livello di inquinamento	
	Aria contenente odori ed impurità dannosi per la salute in concentrazioni sensibilmente più elevate di quelle permesse per l'aria interna nelle zone occupate.	Cappe aspiranti per uso professionale, piani cottura e scariche di locali di cucine, garage e gallerie, parcheggi, locali adibiti all'utilizzo di vernici e solventi, locali per biancheria sporca, locali per rifiuti organici alimentari, sistemi di aspirazione centralizzati e locali per fumatori molto frequentati.

16.1.12 Aria esterna

Classificazione dell'aria esterna (ODA)

Categoria	Descrizione
ODA 1	Aria pura che può presentare polveri occasionali (p. es. pollini)
ODA 2	Aria esterna con alte concentrazioni di sostanza particolata e/o inquinanti gassosi
ODA 3	Aria esterna con altissime concentrazioni di inquinanti gassosi e/o particolati

L'applicazione pratica di questa classificazione dipenderà dalla definizione di criteri. Suggeriamo qui come punto di partenza il seguente approccio.

ODA 1 L'aria è definita "pura" quando le direttive del WHO (1999) e qualunque standard nazionale relativo alla qualità dell'aria o qualunque regolamento relativo all'aria esterna risultano osservati.

ODA 2 Questa definizione si applica quando le concentrazioni di inquinanti eccedono le linee guida del WHO o qualsivoglia standard nazionale relativo alla qualità dell'aria di un fattore non superiore a 1.5.

ODA 3 Questa definizione si applica quando le concentrazioni di inquinanti eccedono le linee guida del WHO o qualsivoglia standard nazionale relativo alla qualità dell'aria di un fattore superiore a 1.5. Dato che non esistono direttive o regolamenti relativi a tutti gli inquinanti e dato che quelli esistenti non sono uniformi da nazione a nazione, si richiede al progettista di interpretare con cognizione di causa. È necessario tenere conto dell'impatto potenziale di miscele di inquinanti, non solo di inquinanti individuali.

Gli inquinanti gassosi tipici da tenere in considerazione nella valutazione dell'aria esterna ai fini della progettazione di sistemi di ventilazione e climatizzazione sono il monossido di carbonio, il biossido di carbonio, il biossido di zolfo, gli ossidi di azoto e di composti organici volatili (VOC). L'impatto di questi inquinanti esterni sull'ambiente interno dipenderà dal loro grado di reattività. Il monossido di carbonio, per esempio, è relativamente stabile e scarsamente soggetto ad assorbimento da parte delle superfici interne. Al contrario, l'ozono presente nell'aria esterna ha generalmente scarso rilievo per la progettazione del sistema, dato che l'ozono è altamente reattivo e la sua concentrazione diminuisce con grande rapidità nel sistema di ventilazione e nel locale. Altri inquinanti gassosi hanno per lo più un comportamento intermedio tra questi estremi.

"Materia particolata" indica il quantitativo totale di particelle solide o liquide nell'aria, dalla polvere visibile a particelle inferiori al micron. La maggior parte delle direttive relative all'aria esterna si riferiscono a PM₁₀ (materia particolata con un diametro aerodinamico fino a 10 µm), ma si tende sempre più a convenire sul fatto che ai fini della salvaguardia della salute bisognerebbe dare mag-

giore importanza a particelle più piccole. Laddove sia necessario tenere in considerazione particelle biologiche, le direttive sulle PM₁₀ non sono pertinenti e la principale preoccupazione è la minaccia immunologica o infettiva rappresentata da tali particelle.

Dal 2010 le polveri aerodisperse sono valutate anche nella loro dimensione PM 2,5, in accordo alle attuali direttive europee, in particolare alla *“Direttiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio Europeo del 21 maggio 2008 relativa alla qualità dell’aria ambiente e per un’aria più pulita in Europa”* e alle recenti leggi nazionali che aggiornano e riscrivono ampliandolo il D.M. n°60 del 02/04/2002.)

16.1.13 Aria d’immissione

La qualità dell’aria d’immissione destinata a edifici soggetti a occupazione umana dovrà essere tale che, considerate le emissioni previste da parte delle fonti interne (metabolismo umano, attività e processi, materiali di costruzione, arredamento) e dello stesso sistema di ventilazione, la qualità opportuna dell’aria interna sia raggiunta.

NOTA: L’appendice G di EN 15251:2008 fornisce istruzioni più precise sull’impiego di “materiali a basso inquinamento” o “edifici a basso inquinamento”

In fase di progettazione sarà necessario specificare i tassi di aria esterna richiesti dal sistema. Lo stesso vale se l’aria d’immissione contiene anche aria ricircolata: il progetto dovrà indicare e documentare i valori. Onde evitare fraintendimenti si raccomanda inoltre di definire la qualità dell’aria d’immissione specificando i limiti di concentrazione che saranno validi per ciascuno degli inquinanti dell’aria interna menzionati sopra (CO₂, VOC, ecc). Di conseguenza, è necessaria anche una dichiarazione delle emissioni previste da parte delle fonti interne e, ogni volta che ciò sia possibile, queste andranno messe in relazione con limiti di concentrazione e standard di emissione.

NOTA: L’aria ricircolata può venire miscelata con l’aria d’immissione intenzionalmente o in seguito a perdite. La situazione va tenuta sotto speciale osservazione negli scambiatori di calore.

16.1.14 Aria interna

La classificazione fondamentale dell’aria interna è data in tabella 5. Tale classificazione è valida per l’aria all’interno della zona occupata.

Classificazione fondamentale dell'aria interna (IDA)

Categoria	Descrizione
IDA 1	Alta qualità dell'aria interna
IDA 2	Media qualità dell'aria interna
IDA 3	Modesta qualità dell'aria interna
IDA 4	Bassa qualità dell'aria interna

È possibile che i valori relativi alle diverse classi di aria interna siano specificati nei regolamenti nazionali. I valori forniti da UNI EN 15251, in ogni caso, possono servire da valori di partenza. La definizione esatta delle diverse categorie dipende dalla natura della fonte di inquinanti e dagli effetti di questi ultimi. Per esempio, le fonti di inquinanti possono essere:

- Localizzate in uno spazio o distribuite nell'intero edificio
- Emittenti continui o intermittenti
- Emittenti di particelle (inorganiche, visibili o altre inorganiche) o di gas/vapori (organici o inorganici)

Gli effetti possono essere considerati in termini di percezione della qualità dell'aria o in termini di effetti sulla salute. Tali effetti possono dipendere dalla persona esposta, per esempio dal fatto che si tratti di adulti sani, bambini o pazienti ospedalieri.

Ne consegue che una definizione completa delle categorie di qualità dell'aria interna esula dal quadro del presente standard. È tuttavia possibile chiarire lo scopo ideale delle presenti categorie in relazione alla situazione in cui:

- **Le persone (cioè il metabolismo umano) sono l'unica fonte di inquinamento dell'aria da prendere in considerazione;**
- **Viene presa in considerazione solo la percezione di soggetti non adattati.**

In vista di applicazioni pratiche, le quattro categorie di qualità dell'aria interna andranno quantificate utilizzando uno dei metodi presentati nei paragrafi da 6.2.5.2 a 6.2.5.4. La scelta del metodo è libera, ma dovrà venire adattata all'uso del locale e ai requisiti. I diversi metodi non conducono necessariamente, per la stessa categoria di qualità dell'aria interna, alla stessa quantità di aria d'immissione. In casi speciali la IAQ andrà quantificata utilizzando metodi diversi da quelli descritti. Le categorie e le cifre indicate sono puramente informative. Possono essere prescritti a livello nazionale dei valori e dei procedimenti normativi utili per calcolare il tasso di ventilazione complessiva, tenendo conto delle diverse fonti di inquinamento. L'appendice A fornisce dei valori di default.

Nota: nel caso di spazi progettati per l'occupazione umana, sarà necessario specificare anche le opzioni di ventilazione per i periodi di non occupazione, in conformità ai regolamenti nazionali, in modo che la qualità desiderata risulti raggiunta all'inizio del periodo di occupazione. Le principali alternative per la ventilazione nelle fasi di non occupazione sono: all'inizio del periodo di occupazione. Le principali alternative per la ventilazione nelle fasi di non occupazione sono:

- Ventilazione di base per tutto il periodo di non occupazione, per es. utilizzando aria estratta da servizi igienici.
- La ventilazione ha inizio in anticipo
- Il sistema di ventilazione entra in funzione per brevi periodi nel corso della fase di non occupazione

Nel caso in cui non siano disponibili regolamenti nazionali, si raccomanda un valore minimo compreso tra 0,1 e 0,2 l/s, m².

Nota: ISO/DIS 16814 fornisce ulteriori indicazioni sul modo di esprimere la qualità dell'aria interna e di specificare l'ambiente interno nel progetto per l'edificio.

16.1.15 **Classificazione indiretta secondo il tasso di aria esterna per persona**

Questo metodo è un metodo pratico che poggia su solide basi, utile per tutte le situazioni nelle quali i locali sono destinati a un'occupazione umana tipica. I tassi di aria esterna andranno definiti in armonia con i regolamenti e le linee guida vigenti in ciascun Paese. La zona occupata dovrà soddisfare i valori specificati.

Categoria	Unità	Tasso di aria esterna per persona			
		Aree non fumatori		Aree fumatori	
		Range tipico	Valore di default	Range tipico	Valore di default
IDA 1	l.s ⁻¹ .persona ⁻¹	> 15	20	> 30	40
IDA 2	l.s ⁻¹ .persona ⁻¹	10 – 15	12,5	20 – 30	25
IDA 3	l.s ⁻¹ .persona ⁻¹	6 – 10	8	12 – 20	16
IDA 4	l.s ⁻¹ .persona ⁻¹	< 6	5	< 12	10

Nota: I valori presentati nella tabella possono essere utilizzati come valori di default

16.1.16 Classificazione indiretta secondo il tasso di flusso d'aria per superficie

Questo metodo può essere utilizzato in alcuni casi per la progettazione di un sistema destinato a locali non pensati per un'occupazione umana e privi di un uso ben preciso (per esempio magazzini, corridoi di transito, ripostigli, ecc.).

Categoria	Unità	Tassi di aria esterna o di trasferimento per unità di superficie	
		Range tipico	Valore di default
IDA 1	$\text{l.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$	*	*
IDA 2	$\text{l.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$	> 0,7	0,83
IDA 3	$\text{l.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$	0,35 – 0,7	0,55
IDA 4	$\text{l.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$	< 0,35	0,28
*Per IDA 1 questo metodo non è sufficiente			

Nota: I valori di default da usare in questi casi sono dati in tabella A.11

16.1.17 Classificazione sulla base del livello di CO₂

La IAQ può essere definita in termini di concentrazione di CO₂. Il CO₂ è un buon indicatore per l'emissione di bioeffluenti umani. La classificazione per livello di CO₂ è largamente affermata per locali occupati dove non è consentito fumare e l'inquinamento è causato principalmente dal metabolismo umano.

Categoria	Livelli di CO ₂ superiori al livello dell'aria esterna, in ppm	
	Range tipico	Valori di default
IDA 1	≤ 400	350
IDA 2	400-600	500
IDA 3	600-1000	800
IDA 4	> 1000	1200

Nota 1: I valori di default per la IAQ espressa in termini di concentrazione di CO₂ sono forniti in tabella A.10 e in UNI EN 15251:2008, appendice B.

Nota 2: Le categorie basate sulla concentrazione di CO₂ dovrebbero essere nominalmente equivalenti ai tassi di flusso di aria esterna negli spazi dove non è consentito fumare, dato un certo livello di attività. I tassi per le aree non fumatori tengono conto del metabolismo umano e delle emissioni tipiche riscontrabili in edifici a basso inquinamento. Nei casi in cui

l'attività è maggiore ($M > 1,2$ met), i tassi di aria esterna andranno incrementati come da UNI EN ISO 7730. Se il numero di occupanti per metro quadro è noto, la IAQ può essere espressa anche in tasso di flusso per metro quadrato. In alcuni casi questo metodo può essere impiegato nella progettazione di locali non destinati all'occupazione umana e privi di un uso ben preciso (ripostigli, ecc).

16.1.18 Classificazione sulla base dei livelli di concentrazione per inquinanti specifici

Questo metodo di classificazione è adatto a situazioni caratterizzate da emissioni significative di inquinanti specifici. In presenza di informazioni sufficienti relative alle emissioni in interni, i requisiti per il tasso di ventilazione possono essere calcolati. Laddove i tassi di emissione non siano noti, la qualità dell'aria richiesta può anche venire specificata indirettamente secondo un tasso di ventilazione basato sull'esperienza.

Nota dell'autore:

Questa metodologia di classificazione utilizza le concentrazioni di inquinanti massime accettabili nell'ambiente indoor secondo gli standard di qualità di riferimento (OMS). Tale metodica è anche citata nella relazione introduttiva del documento pubblicato sulla gazzetta ufficiale n. 276 del 27/11/2001 dal titolo "Linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati". Questo documento è stato redatto in accordo tra il Ministero della Salute, le Regioni e le Province Autonome di Trento e Bolzano. Presupponendo che la tutela della salute delle persone, intesa come rischio "zero", è ottenibile soltanto in assenza di inquinanti, il documento citato specifica: "dal momento che il raggiungimento di una situazione senza rischi appare improbabile, l'obiettivo della gestione della qualità dell'aria dovrebbe mirare a minimizzare i rischi per la salute. Ciò presuppone una caratterizzazione adeguata di tali rischi." Prosegue poi affermando che "dal punto di vista igienico-sanitario una condizione ambientale è 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." Le quantità accettabili, in funzione del tempo di esposizione e delle concentrazioni inquinanti ambientali, sono descritte e indicate nelle linee guida dell'OMS pubblicate nella loro seconda edizione "Air Quality Guidelines for Europe" (2000).

16.1.19 Mansioni del sistema e tipologie fondamentali di sistemi

I sistemi di ventilazione, di condizionamento e di climatizzazione sono concepiti per controllare la qualità dell'aria interna e le condizioni termiche e di umidità presenti nel locale in relazione a una specifica precedentemente concordata.

Le specifiche relative all'ambiente interno hanno a loro volta conseguenze sul prezzo dell'installazione, sulle esigenze di spazio del sistema e sui costi di funzionamento. Si tratterà pertanto di individuare una soluzione a misura delle esigenze reali.

I sistemi di ventilazione constano di un sistema di aria d'immissione e di un sistema di aria estratta e sono generalmente muniti di filtri per l'aria esterna, riscaldatore e dispositivi di recupero del calore. Sistemi di aria estratta non dotati di un sistema di aria d'immissione non possono soddisfare tutti i requisiti dati. I sistemi di aria d'immissione non dotati di un sistema di aria estratta non consentono di norma il recupero del calore e possono condurre a una sovrappressione che in taluni

casi può risultare dannosa per la struttura dell'edificio.

Le categorie fondamentali del tipo di sistema dipendono dalla capacità dello stesso di controllare la qualità dell'aria interna e dai mezzi e dal grado di controllo delle proprietà termodinamiche nel locale. Sarà necessario specificare la categoria e il tipo di controllo, oltre che i parametri da controllare.

Possibili categorie per il controllo della qualità dell'aria interna sono date in tabella sotto, mentre si possono introdurre alcune possibilità di riduzione del consumo energetico grazie a sistemi di "Ventilazione Controllata su Richiesta"

16.1.20 Possibili tipologie di controllo della qualità dell'aria interna (IDA-C)

Categoria	Descrizione
IDA – C 1	Il sistema funziona in modo costante
IDA – C 2	16.5.1.1.1 Controllo manuale Il sistema funziona secondo un interruttore controllato a mano
IDA – C 3	16.5.1.1.2 Controllo a tempo Il sistema funziona secondo una tabella oraria data
IDA – C 4	16.5.1.1.3 Controllo di occupazione Il sistema funziona a seconda della presenza (interruttore luce, sensori infrarossi, ecc)
IDA – C 5	Controllo a richiesta (numero di persone) Il sistema funziona a seconda del numero di persone presenti nello spazio
IDA – C 6	16.5.1.1.4 Controllo diretto Il sistema è controllato da sensori che misurano i parametri dell'aria interna o criteri adattati (ad es CO ₂ , gas misti o sensori VOC). I parametri utilizzati andranno adattati al tipo di attività cui lo spazio è adibito

Qualunque sia il sistema di controllo impiegato (compreso il controllo manuale), è possibile ottenere prestazioni migliori utilizzando un qualche tipo di controllo proattivo. La strategia di controllo deve inoltre tenere conto del tempo. Le classi IDA-C5 e C6 vanno associate a una regolazione dei flussi d'aria. Se il range di variazione dei flussi d'aria può indurre fluttuazioni sensibili della pressione, sarà necessario introdurre un sistema di controllo della pressione o un qualunque tipo di regolazione del flusso d'aria, in modo da tenerne conto. L'ambiente termico in un locale può venire controllato dal solo sistema di ventilazione oppure in combinazione con altri mezzi, come per esempio soffitti caldi o freddi, pavimenti, ecc. A seconda di questi casi si utilizzeranno le due tipologie fondamentali di sistema descritti in tabella sotto. Ulteriori informazioni sulle tipologie di sistema sono date in prEN 15243:2005, articolo 14.

16.1.21 Tipologie fondamentali di sistema secondo i mezzi di controllo dell'ambiente termico in un locale

Descrizione	Nome del tipo di sistema
Controllato dal solo sistema di ventilazione	Sistema tutta aria
Controllato dal sistema di ventilazione in combinazione con altri mezzi (p. es. apparecchiature di riscaldamento, soffitti freddi, radiatori)	Sistema misto

Trattamenti dell'aria possibili per modificare l'ambiente igrotermico sono: riscaldamento, raffreddamento, umidificazione e deumidificazione. Ai fini della classificazione, una funzione è valida soltanto nel caso in cui il sistema sia in grado di controllare la funzione in modo tale che le condizioni limite date per il locale possano essere soddisfatte. Ciò significa, per esempio, che una deumidificazione incontrollata all'interno di un'unità di raffreddamento non conta come deumidificazione nel senso suddetto.

Sarà necessario specificare le funzioni assolute dal sistema, redigendo una lista delle funzioni rilevanti, quali:

- Ventilazione
- Riscaldamento
- Raffrescamento
- Umidificazione
- Deumidificazione

16.1.22 Condizioni di pressione nel locale, espresse in flusso di aria di ventilazione

Categoria	Descrizione (situazione con assenza di vento e senza effetto camino)
PC 1	$q_{\text{exhaust}} > 1,15 \, q_{\text{supply}}$
PC 2	$1,05 \, q_{\text{supply}} < q_{\text{exhaust}} < 1,15 \, q_{\text{supply}}$
PC 3	$0,95 \, q_{\text{supply}} < q_{\text{exhaust}} < 1,05 \, q_{\text{supply}}$
PC 4	$0,85 \, q_{\text{supply}} < q_{\text{exhaust}} < 0,95 \, q_{\text{supply}}$
PC 5	$q_{\text{exhaust}} < 0,85 \, q_{\text{supply}}$

La scelta di un livello di pressione dipende dall'applicazione specifica. In alcuni casi per controllare il flusso d'aria tra tutte le aree dell'edificio si richiede più di un livello di depressione e sovrappressione. Quando i livelli di pressione richiesti dovranno venire raggiunti in presenza di vento, la copertura dell'edificio dovrà essere a tenuta d'aria. In aggiunta ai requisiti relativi alla direzione dei flussi andranno tenuti presenti anche altri aspetti.

Nota: Per esempio in climi freddi alcune strutture murarie richiedono una pressione negativa all'interno onde evitare danni all'edificio dovuti all'umidità, mentre in climi caldi e umidi una pressione positiva all'interno risulta desiderabile dal punto di vista strutturale. Se nulla è dichiarato, si adotterà la categoria PC 3.

16.1.23 Potenza ventilante specifica

La classificazione della potenza ventilante specifica (per ciascun ventilatore) è data in tabella sotto (classificazione per ventilatore). Il progetto dovrà indicare la potenza ventilante specifica. È possibile che i regolamenti nazionali prescrivano valori minimi espressi in termini di categoria minima accettabile o di valore SFP massimo per l'intero edificio, per singoli sistemi o per singoli ventilatori. I regolamenti nazionali possono essere circoscritti ai soli sistemi centrali o includere anche sistemi e unità locali. In mancanza di ulteriori indicazioni, è possibile utilizzare i valori di default per ciascuna categoria di SFP specificati nell'appendice D.

Classificazione della potenza ventilante specifica

Categoria	P_{SFP} in (W/(m ³ /s))
SFP 1	< 500
SFP 2	500 – 750
SFP 3	750 – 1250
SFP 4	1250 – 2000
SFP 5	2000-3000
SFP 6	3000-4500
SFP 7	> 4500

La potenza ventilante specifica SFP dipende dalla caduta di pressione, dall'efficienza del ventilatore e dalla costruzione del motore e del sistema di trasmissione.

Nota: L'appendice D offre maggiori dettagli, oltre che istruzioni, per valutare l'efficienza energetica dei ventilatori e delle unità di trattamento dell'aria, anche a livello di sistema e di edificio, allo scopo di garantire un basso consumo complessivo di elettricità. L'appendice D, inoltre, presenta indicazioni per la progettazione del sistema e suggerimenti su come evitare cadute di pressione superflue o incontrollate nel sistema.

Potenza ventilante specifica estesa

La classificazione presentata in esempio è intesa per utilizzi standard. La tabella sottostante fornisce alcuni esempi di P_{SFP} estesa per usi speciali. Perdite di pressione aggiuntive in componenti speciali possono incrementare la potenza ventilante specifica.

Esempio:

Categoria SFP 3	PSFP = 750 – 1250 W m ⁻³ s
Modulo di filtraggio aggiuntivo	PSFP estesa = 300 W m ⁻³ s
Totale:	PSFP = 1050 – 1550 W m ⁻³ s

PSFP estesa per componenti aggiuntive

Componente	PSFP in (W/(m³/s))
Modulo di filtraggio meccanico aggiuntivo	+300
Filtro HEPA	+1000
Filtro gas	+300
Recupero calore classe H2 o H1(a)	+300
Raffrescamento intensivo	+300
(a) Classe H2 o H1 come da EN 13053	

16.1.24 Efficienza di sistema

L’efficienza complessiva η_{tot} dipende dall’efficienza delle singole componenti (ventilatore, motore, cinghia di trasmissione, controllo velocità, ecc).

$\eta_{tot} = \eta_{fan} \times \eta_{motor} \times \eta_{drive} \times \eta_{control}$
η_{fan} efficienza del ventilatore
η_{motor} efficienza del motore
η_{drive} efficienza della trasmissione, p. es. cinghia di trasmissione
$\eta_{control}$ efficienza del controllo di velocità, p. es. invertitore di frequenza

Nota: L’efficienza di sistema e i fattori che la influenzano sono illustrati in maggiore dettaglio nell’appendice D

16.1.25 Zona occupata

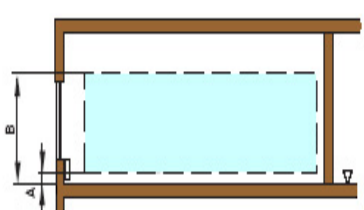
I requisiti concernenti l’ambiente interno dovranno essere soddisfatti nella zona occupata. Ciò significa che tutte le misurazioni relative a criteri di comfort andranno riferite a tale zona. Per fare una stima dei requisiti può essere utilizzata l’area totale di un locale, ma i criteri di comfort non sono garantiti al di là della zona occupata.

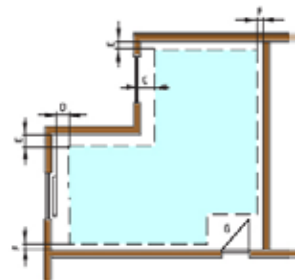
Dimensioni tipiche per la zona occupata sono date in tabella sotto e illustrate in figura

Dimensioni della zona occupata

Distanza dalla superficie interna di		Valori tipo in m	Valori di default in m
Pavimenti (limite inferiore)	A	da 0,00 a 0,20	0,05
Pavimenti (limite superiore)	B	da 1,30 a 2,00	1,80
Finestre e porte esterne	C	da 0,50 a 1,50	1,00
Dotazioni HVAC	D	da 0,50 a 1,50	1,00
Pareti esterne	E	da 0,15 a 0,75	0,50
Pareti interne	F	da 0,15 a 0,75	0,50
Porte, zone di transito, ecc	G	accordo speciale	-

Sezione verticale





pianta

Descrizione della zona occupata

Quando si considerano pareti esterne dotate di finestre e porte, l'elemento per cui è specificata la distanza maggiore va assunto come valido per tutta la superficie.

È opportuno rilevare che in locali dotati di soffitti bassi (altezza del locale inferiore a 2,5 m) potrebbe essere difficile soddisfare i requisiti fino a un limite superiore di 2,0 m.

A causa della difficoltà nel soddisfare i requisiti relativi al loro ambiente termico, specialmente quelli riguardanti turbolenze e temperatura, andrebbero stipulati accordi speciali per i seguenti tipi di zona:

- a) zone di transito
- b) zone prossime a porte che vengono aperte o utilizzate con grande frequenza
- c) zone prossime a terminali per l'aria d'immissione
- d) zone prossime a unità caratterizzate da un'elevata produzione di calore o tasso del flusso d'aria.

Salvo quando indicato o concordato diversamente, le zone a) e b) non vanno considerate come parte della zona occupata, lo sono invece le zone c) e d).

Se l'impiego di un locale non è basato sulle dimensioni dello stesso ma su altri fattori, la zona occupata può essere definita in relazione alla disposizione delle aree di lavoro e delle strumentazioni in esse contenute, oppure definendo una zona di respirazione.

16.1.26 Tasso di occupazione: riferimenti di progetto relativi alla superficie per persona

I principali riferimenti di progetto relativi alla qualità dell'aria interna sono: informazioni sull'occupazione umana, permesso o divieto di fumo, emissioni provenienti da fonti diverse dal metabolismo umano e dal fumo.

È inoltre opportuno tenere conto del fatto che la qualità dell'aria è soggetta a essere percepita in modo più negativo col crescere della temperatura e dell'umidità.

Nella tabella sottostante si danno valori tipo relativi all'occupazione umana. Il progetto andrà basato, ogniqualvolta ciò sia possibile, sui dati reali specifici al progetto. Se tuttavia non viene specificato un impiego, faranno testo i dati forniti in tabella. Se non viene specificata alcuna informazione relativa al fumo, bisognerà ipotizzare che, per tutti gli usi dati in tabella, non sia permesso fumare.

Tipologie d'uso	Superficie per persona in m ² .persona ⁻¹ *	
	155	Valori di default
Uffici open space	da 7 a 20	12
Piccoli uffici	da 8 a 12	10
Sale per riunioni	da 2 a 5	3,0
Grandi magazzini	da 3 a 8	4,0
Aule scolastiche	da 2 a 5	2,5
Reparti ospedalieri	da 5 a 15	10
Camere di albergo	da 5 a 20	10
Ristoranti	da 1,2 a 5	1,5
(*) Superficie netta per locale		

16.1.27 La velocità dell'aria

Le velocità massime dell'aria nella zona occupata sono elencate nella tabella.

I rilievi della velocità dell'aria, espressi in m/sec., devono essere effettuati per un tempo non inferiore ai 3 minuti in accordo con la norma EN 13182.

Temperatura locale dell'aria (C°)	Valori tipo	Valori di default (DR = 15 %)
$\theta_a = 20$	da 0,10 a 0,16	$v \leq 0,13$
$\theta_a = 21$	da 0,10 a 0,17	$v \leq 0,14$
$\theta_a = 22$	da 0,11 a 0,18	$v \leq 0,15$
$\theta_a = 24$	da 0,13 a 0,21	$v \leq 0,17$
$\theta_a = 26$	da 0,15 a 0,25	$v \leq 0,20$

16.1.28 Le quantità dell'aria estratta

In un sistema bilanciato di ventilazione meccanica con aria d'immissione e aria estratta, il tasso di flusso per l'aria estratta è dato dal tasso di flusso dell'aria d'immissione e dalle condizioni di pressione richieste.

I tassi di aria estratta proveniente da cucine e bagni dovrà essere specificato. È possibile che i regolamenti nazionali prescrivano flussi minimi di aria estratta nel caso di cucine, bagni, lavatoi e così via. La tabella sotto fornisce valori di progettazione tipici o di default per questi tipi di ambiente. L'aria estratta può essere rimpiazzata con aria esterna o con aria trasferita da altre stanze.

Utilizzo	Unità di misura	Range tipico	Valori di progetto di default
Cucina - Utilizzo comune (p. es. cucina per la preparazione di bevande calde) - Uso professionale	l.s^{-1} - (a)	> 20 - (a)	30 - (a)
Bagno / lavatoio (b) - Per ogni gabinetto o orinatoio - Per superficie piana	l.s^{-1} $\text{l.s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$	$> 6,7$ $> 1,4$	15 3
(a) I tassi di aria estratta per la cucina andranno determinati in base alla situazione reale (b) In uso per almeno il 50% del tempo. In presenza di tempi di attività inferiori sono necessari tassi maggiori. È possibile utilizzare valori più bassi se l'aria viene estratta direttamente da ciascuno stanzino (valore tipico: da 3 a 6 l^3s^{-1} per ogni gabinetto o orinatoio).			

16.1.29 Il rumore ambientale

Il sistema sarà progettato in modo tale da soddisfare i requisiti e i livelli massimi specifici per la pressione sonora nei locali. Il progetto dovrà prendere in considerazione tutte le fonti di rumore, compresi i locali adiacenti, e provvedere alla riduzione del rumore in ogni punto del sistema. I regolamenti e gli standard nazionali prescrivono i livelli sonori massimi consentiti e possono fornire anche valori di target più severi in forma di classificazione.

Nota: i livelli di progetto per la pressione sonora generata e/o trasmessa dal sistema di ventilazione o condizionamento d'aria e da altre apparecchiature installate in spazi di diverso tipo sono definite nell'appendice A. Sono valori medi, validi in assenza di fonti di rumore esterne e dovute all'uso del locale. Essi tengono conto dell'arredamento ma non delle persone presenti. EN 15251 fornisce ulteriori criteri nella valutazione del rumore.

Tipo di edificio / spazio	Range consigliato Pressione sonora in dB(A)
Singolo ufficio	30-40
Ufficio open space	35-45 ^(a)
Sala riunioni	30-40
Auditorium	20-35
Caffetteria / Ristorante	35-50
Aula scolastica, asilo infantile	35-45
Grande magazzino	40-50
(a) Al fine di garantire una maggiore privacy, in questo caso si consiglia di non ricercare livelli più bassi	

16.1.30 Umidità dell'aria interna

In assenza di informazioni alternative, il progetto si fonderà sul presupposto che non sono presenti fonti di umidità diverse dall'occupazione umana e dall'infiltrazione di aria d'immissione. Prendendo in considerazione i problemi energetici, le condizioni climatiche in inverno e in estate, i rischi di condensa e l'umidità dell'aria interna, il progetto dovrà tenere conto dei seguenti criteri:

- Umidità assoluta, valore minimo invernale e/o valore massimo estivo. (Per esempio, è possibile specificare 6 g / kg come valore minimo invernale, corrispondente a 22 °C / 40%, mentre 12 g / kg può valere come massimo estivo, corrispondente a 26 °C / 60%.
- Umidità relativa (necessario definire valori minimi e/o massimi)
- Rischio di danni a strutture e sistemi dovuti a condensa e umidità (tenere conto della temperatura delle superfici e/o delle condizioni di pressione)
- Controllo dell'umidità dell'aria in interni (vedi 6.3; esempio: deumidificazione incontrollata tramite raffrescamento vs. deumidificazione controllata)

Nota 1: generalmente l'umidificazione e la deumidificazione dell'aria di un locale non sono necessarie, ma, laddove vengono applicate, devono essere ridotte al minimo, evitando ogni eccesso di umidificazione o deumidificazione.

Nota 2: EN 15251 fornisce ulteriori istruzioni sui valori di target per l'umidificazione e la deumidificazione.

16.1.31 Attività metabolica delle persone

Il calore prodotto dalle persone all'interno degli ambienti è composto da: calore sensibile (radiante e convettivo) e calore latente (emissione di vapore). Ai fini della determinazione della temperatura ambientale, soltanto la frazione sensibile è rilevante. Nella tabella seguente sono elencate le grandezze inerenti a quanto appena affermato in funzione dell'attività svolta. Produzione di calore da parte di persone impegnate in diverse attività (temperatura dell'aria pari a 24 °C)

Attività	Calore totale		Calore sensibile W.persona ⁻¹
	Met ^{a)}	W.persona ⁻¹ ^{b)}	
Sdraiato	0,8	80	55
Seduto, rilassato	1,0	100	70
Attività sedentaria (ufficio, scuola, laboratorio)	1,2	125	75
In piedi, attività leggera (acquisti, laboratori, industria leggera)	1,6	170	85
In piedi, attività media (commesso, lavoro a una macchina)	2,0	210	105
Marcia in piano, 5 km.h ⁻¹	3,4	360	120
a) 1 met = 58 W.m ⁻² b) Valori stimati per un corpo umano con una superficie di 1,8m ² .persona. ⁻¹			

16.1.32 Le bocchette di immissione e di scarico

L'espulsione all'esterno di aria di categoria EHA 1 ed EHA 2 attraverso una bocchetta di scarico situata sulla parete dell'edificio è accettabile a patto che:

- la distanza della bocchetta di scarico da un edificio adiacente sia pari almeno a 8 metri
- la distanza della bocchetta di scarico da una bocchetta di immissione situata sulla stessa parete sia pari almeno a 2 metri (se possibile, la bocchetta di immissione andrebbe posizionata al di sotto della bocchetta di scarico) – vedi anche A.2.4
- Il tasso di flusso d'aria di scarico non sia superiore a 0,5 m³.s⁻¹.
- La velocità dell'aria nella bocchetta di scarico sia pari almeno a 5 m.s⁻¹.

In tutti gli altri casi la bocchetta di scarico andrebbe posizionata di preferenza sul tetto.

Generalmente l'aria espulsa viene convogliata al di sopra del tetto della sezione più elevata dell'edificio ed espulsa verso l'alto. La parte inferiore dell'apertura di scarico su un tetto o una copertura dovrebbe trovarsi ad almeno 1,5 metri oltre l'altezza massima annua generalmente raggiunta dalla neve. La distanza può essere inferiore se la formazione di uno strato di neve è impedita, per esempio, da uno scudo antineve. Considerazioni di stampo ecologico e igienico potrebbero indurre a scegliere altezze maggiori e/o diversi parametri in relazione alla velocità in uscita.

16.1.33 Distanza tra le bocchette di immissione e le bocchette di scarico

Le distanze minime tra le bocchette di immissione e le bocchette di scarico sono date in tabella A.2 e in figura A.1.

Esempio 1	Il livello verticale della bocchetta di scarico può essere a) 4 m al di sotto, b) allo stesso livello c) 2 metri al di sopra della bocchetta di immissione. Definire le distanze orizzontali minime date queste distanze verticali. L'installazione si riferisce a una grande cucina per uso professionale, dotata di cappe aspiranti, e il flusso dell'aria di scarico è pari a $3\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$. L'aria espulsa è di categoria EHA 4, pertanto, usando la curva EHA 4 della figura A.1, dato un flusso di $3\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$, le distanze orizzontali sono le seguenti: a) 4 metri al di sotto, categoria EHA 4 a $3\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$: comporta una distanza di circa 15 m b) Allo stesso livello: comporta una distanza di circa 16 m c) 2 metri al di sopra, categoria EHA 4 a $3\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$: comporta una distanza di circa 11 m
Esempio 2	Come precedente esempio 1c), ma in questo caso l'installazione si riferisce a un edificio per uffici dove non è consentito fumare. L'aria espulsa è di categoria EHA 1, pertanto la bocchetta di scarico può essere posizionata a 2 metri al di sopra della bocchetta di immissione. La distanza orizzontale minima è 0.

La tabella A.2 si riferisce soprattutto a sistemi decentralizzati con flussi d'aria solitamente inferiori a $0,5\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$. In alternativa, nei casi frequenti in cui entrambe le bocchette sono sul tetto, per determinare le distanze minime si può utilizzare anche la figura A.1.

La figura si applica soprattutto a sistemi centralizzati con flussi d'aria relativamente alti ($> 0,5\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$). Le distanze minime raccomandate dipendono dalla categoria dell'aria espulsa, nonché dal flusso d'aria, soprattutto per la categoria EHA 4. I valori dati in figura A.1 valgono per aria espulsa con velocità fino a $0,5\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$.

In presenza di velocità superiori, le distanze possono essere ridotte. Nel caso di edifici alti, le bocchette di immissione e di scarico vanno posizionate in modo da minimizzare gli effetti del vento e della spinta statica.

Le distanze minime raccomandate tra bocchetta di immissione e bocchetta di scarico possono venire derivate dal fattore di diluizione f .

$$f = \frac{\sqrt{q_v \text{ or } B}}{C_1 \times l + C_2 \times \Delta h} \quad (\text{A.1})$$

Dove:

f : fattore di diluizione

q_v : capacità di riserva necessaria per l'espulsione dell'aria interna, in dm^3/s

B: capacità del camino/scarico di un sistema di riscaldamento, in kW

l: lunghezza della linea diretta tra immissione e riserva di scarico in m

Δh : differenza di altezza tra immissione e riserva di scarico in m.

C1, C2: coefficienti di diluizione, a seconda della situazione.

Per le situazioni che presentano uno scarico di ventilazione o scarichi di gas da canna fumaria provenienti da sistemi a combustione di gas (boiler), relativamente puliti, il fattore di diluizione massimo è $f = 0,01$, ma i coefficienti C1, C2 per scarichi di gas da canna fumaria provenienti da boiler a gas (EHA 3) sono diversi da quelli degli scarichi di ventilazione (EHA 1+2).

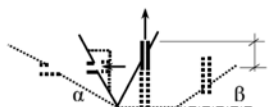
Per i gas da canna fumaria prodotti da altri processi di combustione (olio, materia solida, ecc., EHA 4) il fattore di diluizione è $f = 0,0015$ e si ha un diverso set di coefficienti C1, C2.

La tabella A.2 presenta una panoramica generale delle equazioni A (per EHA 1+2), B (EHA 3) e C (EHA4) che servono a determinare le distanze minime tra le aperture di immissione e scarico, servendosi della formula e dei fattori di diluizioni indicati sopra, dati i coefficienti C1, C2 appropriati alle diverse situazioni.

La tabella A.2 serve anche a determinare la distanza tra la bocchetta di scarico per l'unità di un singolo locale e la bocchetta di immissione per un'altra unità relativa a un singolo locale.

Tabella A.2 Distanze minime tra le bocchette di immissione e di scarico

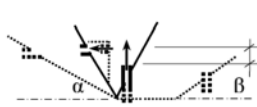
9. Intake in a façade or roof-plane below or equal to a vertical exhaust on an opposite façade, an opposite pitched roof or on an adjacent horizontal roof-plane that borders on the other side to a pitched roof or façade.



$$23^\circ \leq \alpha < 75^\circ \text{ AND } 23^\circ \leq \beta < 75^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{A } l + 2 \Delta h &> 0,308 * \sqrt{q_v} \\ \text{B } l + 2 \Delta h &> 0,613 * \sqrt{B} \\ \text{C } l + 3,38 \Delta h &> 2,051 * \sqrt{B} \end{aligned}$$

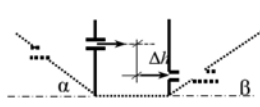
10. Intake in a façade or roof-plane above a vertical exhaust on an opposite façade, an opposite pitched roof or on an adjacent horizontal roof-plane that borders on the other side to a pitched roof or façade.



$$23^\circ \leq \alpha < 75^\circ \text{ AND } 23^\circ \leq \beta < 75^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{A } l + \Delta h &> 0,613 * \sqrt{q_v} \\ \text{B } l + \Delta h &> 1,250 * \sqrt{B} \\ \text{C } l + 2,954 \Delta h &> 3,030 * \sqrt{B} \end{aligned}$$

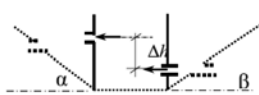
11. Intake in a façade or roof below or equal to a horizontal exhaust in an opposite façade or opposite pitched roof ($\geq 23^\circ$).



$$23^\circ \leq \alpha < 75^\circ \text{ AND } 23^\circ \leq \beta < 75^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{A } l + 2,954 \Delta h &> 0,455 * \sqrt{q_v} \\ \text{B } l + 2,954 \Delta h &> 0,909 * \sqrt{B} \\ \text{C } \text{not applicable} \end{aligned}$$

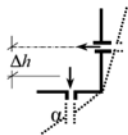
12. Intake in a façade or roof above a horizontal exhaust in an opposite façade or opposite pitched roof ($\geq 23^\circ$).



$$23^\circ \leq \alpha < 75^\circ \text{ AND } 23^\circ \leq \beta < 75^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{A } 2,954 l + \Delta h &> 0,909 * \sqrt{q_v} \\ \text{B } 2,717 l + \Delta h &> 1,667 * \sqrt{B} \\ \text{C } \text{not applicable} \end{aligned}$$

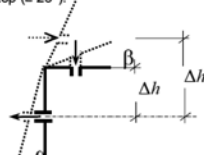
13. Intake on a flat or slightly inclined roof below exhaust in adjacent façade



$$0^\circ \leq \alpha < 23^\circ \text{ AND } 0^\circ \leq \beta < 15^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{A } l + 2,954 \Delta h &> 0,455 * \sqrt{q_v} \\ \text{B } l + 2,954 \Delta h &> 0,909 * \sqrt{B} \\ \text{C } \text{not applicable} \end{aligned}$$

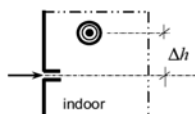
14. Intake on a flat or slightly inclined roof above exhaust in façade or above a lower pitched rooftop ($\geq 23^\circ$).



$$0^\circ \leq \alpha < 23^\circ \text{ AND } 0^\circ \leq \beta < 15^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{A } 1,990 l + \Delta h &> 0,613 * \sqrt{q_v} \\ \text{B } 2,038 l + \Delta h &> 1,25 * \sqrt{B} \\ \text{C } \text{not applicable} \end{aligned}$$

15. Intake in the façade below or equal to exhaust in a façade around the corner (outdoor angle $\geq 180^\circ$).



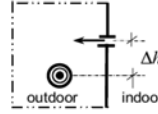
$$\begin{aligned} \text{A } 2 l + \Delta h &> 0,308 * \sqrt{q_v} \\ \text{B } l &> 0,2 * \sqrt{B} \\ \text{C } \text{not applicable} \end{aligned}$$

16. Intake in the façade above exhaust in a façade around the corner (outdoor angle $\geq 180^\circ$).



$$\begin{aligned} \text{A } 3,07 l - \Delta h &> 0,613 * \sqrt{q_v} \\ \text{B } 1,54 l - \Delta h &> 0,308 * \sqrt{B} \\ \text{C } \text{not applicable} \end{aligned}$$

17. Intake in the façade, exhaust in a façade around the corner (outdoor angle $< 180^\circ$). (take absolute value of height)

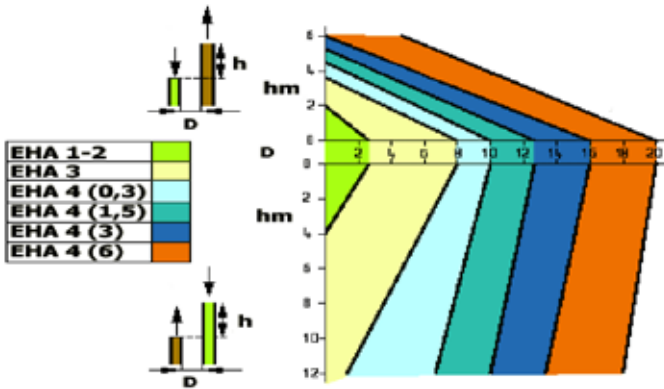


$$\begin{aligned} \text{A } l + \Delta h &> 0,613 * \sqrt{q_v} \\ \text{B } l + 2,954 \Delta h &> 0,909 * \sqrt{B} \\ \text{C } \text{not applicable} \end{aligned}$$

In alternativa, nei casi frequenti in cui entrambe le bocchette sono sul tetto, per determinare le distanze minime si può utilizzare anche la figura sotto. La figura si applica soprattutto a sistemi

centralizzati con flussi d'aria relativamente alti ($> 0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

Distanze minime tra le bocchette di scarico e le bocchette di immissione



Legenda

Hm: Distanza verticale – Scarico al di sopra della presa d'aria esterna (grafico superiore)

Hm: Distanza verticale – Scarico al di sotto della presa d'aria esterna (grafico inferiore)

Tabella colorata: Categoria EHA con flusso d'aria nell'apertura di scarico espresso in $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

D: Distanza orizzontale minima (in m)

16.2 Le norme di riferimento europee e nazionali

UNI EN 16798-1:2019

(stralcio della parte normativa inerente la qualità dell'aria)

Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: parametri di input ambientali interni per la progettazione e la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici riguardanti la qualità dell'aria interna, l'ambiente termico, l'illuminazione e l'acustica. Sostituisce la UNI EN 15251:2008

16.2.1 Introduzione:

La presente norma europea fa parte di una serie di norme che mirano all'armonizzazione internazionale della metodologia per la valutazione del rendimento energetico degli edifici, denominata "serie di norme EPB". Tutti gli standard EPB seguono regole specifiche per garantire coerenza complessiva, chiarezza e trasparenza.

Tutti gli standard EPB forniscono una certa flessibilità per quanto riguarda i metodi, i dati di input richiesti e i riferimenti ad altri standard EPB, mediante l'introduzione di un modello normativo negli allegati A e B con scelte informative predefinite.

Per l'uso corretto di questo standard, un modello normativo è riportato nell'allegato A per specificare queste scelte. Le scelte informative predefinite sono fornite nell'allegato B.

- I principali gruppi target di questo standard sono tutti gli utenti del set di standard EPB, ad esempio architetti, ingegneri, organi di controllo e vigilanza (*regulators*).

Uso da parte o per i *regulators*: nel caso in cui lo standard sia utilizzato nel contesto di requisiti legali nazionali o regionali, per tali applicazioni specifiche possono essere fornite scelte obbligatorie a livello nazionale o regionale. Queste scelte (sia le scelte informative predefinite dell'allegato B sia le scelte adattate alle esigenze nazionali/regionali, sempre seguendo il modello del presente allegato A) possono essere rese disponibili come allegato nazionale o come documento separato, ad esempio un documento legale (foglio con dati nazionali).

Quindi in questo caso:

- i *regulators* specificheranno le scelte;
- l'utente individuale applicherà lo standard per valutare le prestazioni energetiche di un edificio e quindi utilizzerà le scelte fatte dai *regulators*.

Gli argomenti trattati in questo standard possono essere soggetti a regolamentazione pubblica.

La regolamentazione pubblica sugli stessi argomenti può ignorare i valori predefiniti di cui all'allegato B di questo standard e può persino, per alcune applicazioni, prevalere sull'uso di questo standard. I requisiti legali e le scelte non sono generalmente pubblicati nelle norme ma nei documenti legali. Per evitare doppie pubblicazioni e difficili aggiornamenti di documenti doppi, un allegato nazionale può fare riferimento ai testi giuridici in cui le autorità pubbliche hanno operato scelte nazionali. Diversi allegati nazionali o schede nazionali sono possibili per diverse applicazioni.

È previsto che, se i valori predefiniti, le scelte e i riferimenti ad altri standard EPB di cui all'allegato B non sono seguiti a causa di regolamenti, politiche o tradizioni nazionali, allora le autorità nazionali o regionali preparano schede informative contenenti le scelte e i valori nazionali o regionali secondo il modello di cui all'allegato A (in questo caso l'allegato nazionale, ad esempio NA, si riferisce a questo testo); alternativamente, per impostazione predefinita, l'organismo nazionale di normalizzazione considera la possibilità di aggiungere o includere un allegato nazionale in accordo con il modello dell'allegato A, in conformità ai documenti giuridici che forniscono valori e scelte nazionali o regionali. Ulteriori gruppi target sono le parti che desiderano motivare le loro ipotesi classificando le prestazioni energetiche degli edifici per uno stock di edifici dedicato.

Ulteriori gruppi target sono le parti che desiderano motivare le loro ipotesi classificando le prestazioni energetiche degli edifici per uno stock di edifici dedicato.

Ulteriori informazioni sono fornite nella relazione tecnica che accompagna questo standard UNI CEN / TR 16798-2 recentemente approvato.

La prima edizione di questo standard è stata pubblicata nel 2007 come EN 15251. Il cambiamento principale consisteva nel dividere lo standard in una parte normativa 1 e in una relazione tecnica come parte 2.

La parte 1 include un allegato B con tabelle con valori predefiniti e un allegato A con tabelle vuote simili da utilizzare per valori nazionali.

Ulteriori modifiche tecniche sono l'introduzione di una categoria IV, l'inclusione del fattore di luce del giorno e gli orari degli occupanti.

Il consumo energetico degli edifici dipende in modo significativo dai criteri utilizzati per la progettazione e il funzionamento degli ambienti interni (riscaldamento, raffreddamento, ventilazione e illuminazione) e degli edifici (compresi i sistemi). L'ambiente interno influenza anche la salute, la produttività e il comfort degli occupanti.

Recenti studi hanno dimostrato che i costi di un ambiente interno «sporco» per il datore di lavoro, il proprietario dell'edificio e per la società nel suo complesso, sono spesso più alti del costo dell'energia utilizzata nello stesso edificio.

È stato anche dimostrato che una buona qualità ambientale interna può migliorare il lavoro complessivo, le prestazioni e ridurre l'assenteismo. Inoltre, gli occupanti insoddisfatti possono intraprendere azioni che possono avere implicazioni energetiche. Vi è quindi la necessità di specificare i criteri di progettazione e di energia per edifici e sistemi di servizi di costruzione.

Lo standard attuale è una revisione della EN 15251: 2007. Questo standard specifica diversi tipi e categorie di criteri, che possono avere un'influenza significativa sulla domanda di energia. Per i criteri relativi all'ambiente termico sono elencati i criteri per la stagione di riscaldamento (freddo/inverno) e la stagione di raffreddamento (caldo/estate).

I criteri in UNI EN 15251 erano, tuttavia, principalmente per il dimensionamento dei sistemi di costruzione, riscaldamento, raffreddamento e ventilazione. Non possono essere utilizzati direttamente per i calcoli energetici né per la valutazione annuale dell'ambiente termico interno.

Gli studi hanno dimostrato che le aspettative degli occupanti gli edifici ventilati in modo naturale possono differire dagli occupanti gli edifici condizionati, che faranno parte di questo standard. La presente norma specifica come devono essere stabiliti e utilizzati i criteri di progettazione per il dimensionamento dei sistemi. Definisce i parametri principali da utilizzare come input per il calcolo dell'energia dell'edificio e la valutazione a breve e lungo termine dell'ambiente interno.

La presente norma fornisce i criteri predefiniti per i calcoli di progettazione ed energia in un allegato B informativo.

Un allegato normativo simile è incluso per specificare i criteri nazionali. L'allegato A nazionale può

specificare criteri diversi per la progettazione rispetto ai criteri per il calcolo dell'energia. L'allegato nazionale può anche specificare criteri diversi per i diversi tipi di edifici (uffici, scuole, ospedali, ecc.). Lo standard attuale non richiede l'utilizzo di determinati criteri. Questo dipende dalle normative nazionali o dalle specifiche di progetto individuali.

16.2.2 Lo scopo

La presente norma europea specifica i requisiti per i parametri ambientali interni per l'ambiente termico, la qualità dell'aria interna, l'illuminazione e l'acustica e specifica come stabilire questi parametri per la progettazione del sistema dell'edificio e i calcoli delle prestazioni energetiche.

La presente norma europea include criteri di progettazione per i fattori di disagio termico locale, l'aspirazione, l'asimmetria della temperatura radiante, le differenze di temperatura dell'aria in verticale e la temperatura della superficie del pavimento.

Questo standard europeo è applicabile quando i criteri per l'ambiente interno sono in relazione all'occupazione umana e dove la produzione o i processi interni non hanno un impatto significativo sull'ambiente interno.

La presente norma europea specifica anche i programmi di occupazione da utilizzare nei calcoli di energia standard e come possono essere utilizzate diverse categorie di criteri per l'ambiente interno.

I criteri di questa norma europea possono anche essere utilizzati nei metodi di calcolo nazionali. Questo standard definisce i criteri per l'ambiente interno sulla base di standard esistenti e sulla base di rapporti elencati sotto riferimenti normativi o citati nella bibliografia. La presente norma europea non specifica i metodi di progettazione, ma fornisce parametri di input per la progettazione dell'involucro dell'edificio, del riscaldamento, del raffreddamento, della ventilazione e dell'illuminazione. La tabella 1 mostra la posizione relativa di questo standard all'interno del set di standard EPB nel contesto della struttura modulare come definito in ISO / FDIS 52000-1.

Nota 1: In ISO / PRF TR 52000-2 è possibile trovare la stessa tabella, per ciascun modulo, con i numeri delle norme EPB pertinenti e i relativi rapporti tecnici pubblicati o in preparazione.

Nota 2: i moduli rappresentano gli standard EPB, sebbene uno standard EPB possa coprire più di un modulo e un modulo può essere coperto da più di uno standard EPB, ad esempio rispettivamente un metodo semplificato e un metodo dettagliato. Vedi anche la clausola 2 e le tabelle A.1 e B.1.

16.2.3 Indoor: parametri di input per la progettazione di edifici e dimensionamento di sistemi di riscaldamento, raffreddamento, ventilazione e illuminazione

La progettazione di edifici e il dimensionamento di sistemi tecnici per l'edilizia per i parametri di riscaldamento, raffreddamento, ventilazione e illuminazione devono essere specificati e documentati. I criteri di cui al punto 6 devono essere utilizzati come valori di input per il dimensionamento dei sistemi e per la progettazione degli edifici. Il presente standard specifica, negli allegati informativi, i valori di input predefiniti da utilizzare nei casi in cui non sia disponibile alcuna normativa nazionale. I criteri predefiniti sono forniti per diverse categorie. I criteri di progettazione per l'ambiente interno devono essere documentati insieme ai locali e per l'uso degli spazi. I valori di input predefiniti sono indicati per ciascuna delle diverse categorie di qualità ambientale interna. Una breve descrizione delle categorie è mostrata nella Tabella 4.

Table 4 - Categories of indoor environmental quality

Category	Level of expectation
IEQ _I	High
IEQ _{II}	Medium
IEQ _{III}	Moderate
IEQ _{VI}	Low

Le categorie sono legate al livello di aspettative che gli occupanti possono avere. Un livello normale sarebbe “Medio”. Un livello superiore può essere selezionato per gli occupanti con bisogni speciali (bambini, anziani, portatori di handicap, ecc.). Un livello inferiore non fornirà alcun rischio per la salute ma potrebbe ridurre il comfort.

16.2.4 Progettare per la qualità dell'aria interna (tassi di ventilazione)

Introduzione

La qualità dell'aria interna deve essere controllata dai seguenti mezzi: sorgente, ventilazione e possibile filtrazione e/o pulizia dell'aria. Devono essere specificate le velocità del flusso d'aria di ventilazione previsto per il dimensionamento del sistema di ventilazione.

NOTA 1 Le velocità di flusso d'aria di ventilazione predefinite sono presentate in I.2.

NOTA 2 Durante il normale funzionamento del sistema di ventilazione, le portate di ventilazione possono essere diverse dalle velocità di ventilazione del progetto.

Controllo della sorgente

Il controllo delle emissioni di inquinanti non umani deve essere la strategia principale per mantenere una qualità dell'aria accettabile.

Si raccomanda di identificare le principali fonti di sostanze inquinanti e di eliminarle o diminuirle mediante ventilazione.

Nota: la scelta dei materiali da costruzione, la preparazione della superficie, la manutenzione e i mobili hanno un impatto sull'emissione di sostanze inquinanti non umane in stanze, spazi ed edifici.

La classificazione di questo impatto è indicata nell'allegato J.

Ventilazione

Le portate di ventilazione dell'aria di progetto devono essere utilizzate per qualsiasi tipo di sistema di ventilazione, compresi quelli meccanici, naturali e ibridi.

I requisiti di progettazione per le portate dell'aria di ventilazione devono tenere conto delle emissioni di inquinanti residue dopo il controllo della sorgente con selezione del materiale, scarico locale e altri mezzi.

Periodi temporali utilizzati per determinare le portate d'aria

I metodi descritti nella clausola 6 presumono che le emissioni di inquinanti siano costanti in ciascun periodo di tempo considerato e conducano ad una portata d'aria di ventilazione costante per ciascun periodo di tempo.

Se i carichi di occupazione e inquinanti variano nel tempo, il progettista deve specificare i periodi di tempo considerati per il calcolo delle portate dell'aria di ventilazione di progetto, descrivendo almeno i periodi presunti di occupazione e di non occupazione.

Nota: la ventilazione è necessaria anche durante le ore non occupate dell'edificio per evitare l'accumulo di inquinanti nell'aria interna o sulle superfici, oppure la ventilazione può essere avviata prima dell'occupazione (vedere UNI CEN / TR 16798-2 [7]). L'allegato N include gli orari degli occupanti di default.

Danni all'edificio

La portata di ventilazione richiesta per la qualità dell'aria interna deve essere sufficientemente elevata da evitare dannose condense sulle superfici, nei materiali o nella struttura.

Documentazione di progetto

La documentazione di progettazione deve indicare:

- il metodo di progettazione ed, eventualmente, lo IEQcat utilizzato per la progettazione;
- le fonti di inquinanti identificate e i processi utilizzati per eliminare o ridurre tali fonti;
- il metodo utilizzato per ricavare i tassi di flusso d'aria di ventilazione di progetto specificati e i programmi di occupazione applicati;
- la portata di progetto e campo di regolazione della ventilazione in l/s per m² e l/s per occupante.

16.2.5 Metodi di valutazione

I parametri di progettazione per la qualità dell'aria interna devono essere derivati utilizzando uno o più dei seguenti metodi:

- Metodo 1: metodo basato sulla qualità dell'aria percepita;
- Metodo 2: metodo che utilizza valori limite per la concentrazione della sostanza;
- Metodo 3: Metodo basato su portate d'aria di ventilazione predefinite.

Nota: all'interno di ciascun metodo, il progettista può scegliere tra diverse categorie di qualità ambientale interna e definire quale categoria di edificio a basso inquinante LPB1-3 (A.3 o B.3) viene utilizzata.

16.2.5.1 Metodo 1 basato sulla qualità dell'aria percepita

Per ridurre il rischio per la salute, la diluizione richiesta di uno specifico inquinante atmosferico deve essere valutata separatamente dai tassi di ventilazione richiesti per ottenere il livello desiderato di qualità dell'aria percepita (Tabella 4). Il massimo di questi valori di portata di ventilazione deve essere utilizzato per la progettazione. Se vengono identificate fonti critiche per la salute, è necessario verificare che rimangano al di sotto dei valori di soglia di salute. La portata di ventilazione totale per la zona di respirazione si ottiene combinando la ventilazione per le persone e l'edificio calcolati dalla Formula (1).

$$q_{tot} = n \cdot q_p + A_R \cdot q_B \text{ l/s}$$

Dove:

q_{tot} = tasso di ventilazione totale per la zona di respirazione, l / s

n = valore di progetto per il numero di persone nella stanza,

q_p = tasso di ventilazione per occupazione per persona, l / (s * persona)

A_R = superficie, m²

q_B = tasso di ventilazione per le emissioni da costruzione, l / (s, m²)

I livelli di qualità dell'aria percepiti sono definiti di default per le persone non adattate in ambienti non residenziali e adattate negli edifici residenziali. Negli edifici non residenziali, l'assunzione di persone adattate deve essere giustificata.

Nota: vedere l'allegato 1 per i valori predefiniti. I metodi descritti in FprCEN / TR 16798-2 [7] possono essere utilizzati in casi speciali in cui vengono prese in considerazione le persone adattate.

Si presume che i tassi di ventilazione risultanti siano indipendenti dalle stagioni.

16.2.5.2 Metodo 2 utilizzando criteri per singole sostanze

La portata di ventilazione di progetto richiesta per diluire una singola sostanza deve essere calcolata con la formula (2):

$$Q_h = \frac{G_h}{C_{h,i} - C_{h,o}} \cdot \frac{1}{\varepsilon v}$$

dove

Q_h è la portata di ventilazione richiesta per la diluizione, in m^3 al secondo;

G_h è il tasso di generazione della sostanza, in microgrammi al secondo;

$C_{h,i}$ è il valore indicativo della sostanza, in microgrammi per m^3 ;

$C_{h,o}$ è la concentrazione della sostanza dell'aria di alimentazione, in microgrammi per m^3 ;

εv è l'efficacia della ventilazione.

I valori predefiniti per $C_{h,i}$ si possono trovare nell'allegato I (per CO_2) e nell'allegato M (altre sostanze). I valori predefiniti per εv (miscelazione completa è 1) si trovano in prEN 16798-3. $C_{h,i}$ e $C_{h,o}$ possono anche essere espressi come ppm 106 (vol / vol). In questo caso il carico di inquinamento G_h deve essere espresso come l / s.

La formula (2) si applica alle condizioni di stato stazionario e il metodo richiede che la concentrazione della sostanza nell'aria di alimentazione sia inferiore alla concentrazione interna.

Per calcolare la portata dell'aria di ventilazione di progetto dalla Formula (2), deve essere identificato l'inquinante (o gruppo di inquinanti) più critico o rilevante e il carico inquinante nello spazio deve essere stimato.

Quando viene utilizzato questo metodo, è necessario che la CO_2 che rappresenta le emissioni inquinanti delle persone (bioeffluenti) sia utilizzata come una delle sostanze.

I valori che dipendono dalla categoria di aria interna sono definiti per CO_2 nell'allegato I. I valori di soglia per altre fonti sono elencati nell'allegato M. Le percentuali di emissione e le concentrazioni all'esterno per le sostanze considerate devono essere definite sulla base di prove o certificazioni di

materiali (cfr. Allegato J) e valori locali di qualità dell'aria ambiente.

Nota: UNI CEN / TR 16798-2 [7] mostra esempi di generazione e concentrazione di inquinanti, ad es. per CO₂ o vapore acqueo, insieme a calcoli di campioni.

16.2.5.3 Metodo 3 basato su portate d'aria di ventilazione predefinite

Questo è un metodo per calcolare una determinata portata d'aria minima predefinita, stimata per soddisfare i requisiti sia della qualità dell'aria percepita che della salute nella zona occupata.

Le portate d'aria di ventilazione predefinite devono essere espresse mediante uno o più dei seguenti parametri:

- ventilazione totale di progetto comprensivo delle persone e dei componenti edilizi (q_{tot});
- ventilazione di progetto per unità di superficie (q_{m^2});
- ventilazione di progetto per persona (q_p);
- calcolare i tassi di ricambio dell'aria (ach);
- progettare le portate d'aria per stanza e tipo di edificio (q_{room}).

Nota: i valori predefiniti per q_{m^2} e q_p sono presentati nell'allegato I.

Le aree aperte di progetto (A_{tot}) possono essere considerate come portate d'aria predefinite per edifici residenziali, ma necessitano di dati specifici sul clima locale e sulle caratteristiche dell'edificio (vedere prEN 16798-7).

16.2.5.4 Edifici residenziali

Metodi applicabili

Le portate dell'aria di ventilazione devono essere specificate come un ricambio d'aria all'ora per ogni stanza e/o per l'aria esterna per persona e/o per le percentuali di estrazione richieste (bagno, toilette e cucine), indicate come tasso di ricambio d'aria complessivo e/o progettate per stanza e tipo di edificio (q_{room}) e per le aree aperte..

Nota: le aree di apertura del progetto (A_{tot}) per edifici residenziali possono essere considerate come portate d'aria predefinite, ma necessitano di dati specifici sul clima locale e sulle caratteristiche dell'edificio (vedere prEN 16798-7).

Portate d'aria di ventilazione durante i periodi non occupati

Se la portata viene abbassata quando l'edificio non è occupato, la quantità d'aria necessaria per limitare la concentrazione di inquinanti emessi da qualsiasi fonte (edificio e attività residenziali specifiche) deve essere nuovamente determinata e applicata.

Nota: i valori predefiniti sono elencati nell'allegato I, tabella I.5.

Deve essere possibile accedere agli elementi funzionanti nell'involucro dell'edificio (ad esempio finestre, sportelli di ventilazione, irraggiamento) previsti per la ventilazione per consentire agli occupanti dell'edificio di effettuare la ventilazione e fornire un contatto verso l'esterno. In alternativa, può essere utilizzato un azionamento meccatronico o un'asta di azionamento.

Nota: questo tipo di ventilazione si applica alle camere da letto e ai salotti in abitazioni e altri edifici con camere destinate al sonno. Si applica nelle scuole e nelle strutture per l'infanzia. L'aumento della portata d'aria può essere determinato da UNI EN 16798-7. Vedere anche UNI CEN / TR 16798-2.

16.2.6 Filtrazione e pulizia dell'aria

Si deve prendere in considerazione l'influenza della posizione delle prese d'aria esterne, della filtrazione e della pulizia dell'aria.

Se si utilizza la filtrazione e la depurazione dell'aria, devono essere considerati i seguenti punti:

- ridurre la quantità di inquinanti atmosferici (pollini, muffe, spore, particelle, polvere) dalla presa d'aria esterna facendo circolare l'aria attraverso un filtro o un dispositivo simile;
- far circolare l'aria secondaria attraverso un filtro o altra tecnologia di depurazione dell'aria per ridurre la quantità di sostanze inquinanti nell'aria interna;
- ridurre la concentrazione di odori e contaminanti gassosi facendo circolare l'aria secondaria o facendo riciclare l'aria di ritorno attraverso un filtro dell'aria a fase gassosa.

Nota: le linee guida di progettazione per la depurazione dell'aria e la filtrazione sono fornite in prEN 16798-3 e ISO 16814. Come sostituire parzialmente la ventilazione con la depurazione dell'aria è descritto in FprCEN / TR 16798-2 [7].

16.2.7 Qualità dell'aria interna e ventilazione (residenze)

La portata minima di ventilazione da utilizzare per i calcoli energetici durante il periodo di funzionamento deve almeno essere conforme alle quantità minime prescritte.

Per garantire una buona qualità dell'aria interna all'inizio dell'occupazione, la ventilazione deve iniziare prima dell'occupazione o deve avere una portata minima fornita durante le ore di non occupazione.

In sistemi con portata d'aria variabile controllata da qualsiasi criterio che rappresenti la domanda (ad esempio timer, rilevatori di presenza, variazione del carico inquinante) la variazione della portata di ventilazione nel tempo deve essere presa in considerazione nei calcoli energetici (potrebbe variare tra massimo e minimo a seconda dell'occupazione, del carico inquinante e del tasso di CO₂ o umidità).

Le portate d'aria di ventilazione negli edifici a ventilazione naturale devono essere calcolate in base al layout dell'edificio, alla posizione e alle condizioni meteorologiche.

Nota: le velocità di ventilazione naturale possono essere calcolate secondo la norma EN 16798-7 o con strumenti di simulazione.

Nei sistemi di ventilazione ibrida il flusso d'aria e il conseguente calcolo dell'energia sono dovuti a una combinazione di mezzi naturali e meccanici.

16.3 CEN/TR 16798-2:2019

(stralcio della parte informativa inerente la qualità dell'aria)

“Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 2: Interpretazione dei requisiti nella EN 16798-1 - Parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica - Modulo M1-6”

16.3.1 Criteri OMS per la salute nell'ambiente interno

Le prove scientifiche dell'impatto sulla salute dell'inquinamento atmosferico indoor hanno portato l'OMS, la Commissione europea e gli stati membri a definire e raccomandare linee guida o valori limite per la maggior parte degli inquinanti nocivi nell'aria.

Per definire il livello di qualità dell'aria interna, insieme a criteri di comfort come umidità, odori, percezione e CO₂, vengono anche considerati i livelli di soglia interni degli inquinanti atmosferici.

Gli inquinanti atmosferici provenienti da fonti esterne influiscono sulla qualità dell'aria all'interno.

La loro misura fornisce informazioni preziose per identificare la loro fonte, i livelli e le misure da adottare per il loro controllo.

La valutazione della concentrazione degli inquinanti atmosferici dopo l'intervento valuta il risultato di strategie generali implementate per migliorare la qualità dell'aria negli ambienti chiusi.

I valori delle linee guida sulla qualità dell'aria dell'OMS possono essere considerati come riferimento per la qualità dell'aria interna quando non vi siano altre linee guida o raccomandazioni nazionali.

A causa degli effetti sulla salute, confermati a concentrazioni anche più basse di quelle attuali considerate come valori limite, unite ad effetti cancerogeni, il livello di IPA, di particelle e di benzene deve essere sempre mantenuto il più basso possibile.

In EN 16798-3 vengono descritte le misure applicabili per il controllo degli inquinanti atmosferici esterni e vengono forniti ulteriori indicazioni per la selezione dei filtri dell'aria appropriati in base alla posizione dell'edificio e alla qualità dell'aria esterna per i sistemi con ventilazione meccanica. In caso di inquinamento interno specifico, i tassi di ventilazione devono essere adattati per ottimizzare il processo e si può prendere in considerazione l'effetto diluitivo della ventilazione e altre strategie di pulizia dell'aria.

16.3.2 Metodi raccomandati per la sostituzione dell'aria di ventilazione con la depurazione dell'aria

La pulizia dell'aria non è affatto presa in considerazione in EN 16798-1, mentre ASHRAE 62.1, usando la procedura analitica, consente un certo credito per la pulizia dell'aria.

C'è un crescente interesse per lo sviluppo di attrezzature per la pulizia dell'aria.

Questo può essere un modo accettabile per ridurre la quantità dell'aria esterna, risparmiando energia e mantenendo comunque una qualità accettabile dell'aria interna.

Comunque, sono richiesti metodi di prova per i depuratori d'aria che tengano conto anche dell'odore e/o della qualità dell'aria percepita.

È molto importante specificare quale tipo di "inquinante" dovrebbe essere usato nei test. Alcuni depuratori d'aria funzionano bene su particelle, biocontaminanti (microrganismi, pollini, muffe, allergeni) e/o VOC (emissioni da materiali o derivanti da inquinanti atmosferici esterni, infiltrazione nell'edificio come PAH), ma potrebbero avere zero o addirittura un effetto negativo se la fonte fosse costituita dai bioeffluenti delle persone.

I VOC possono essere adsorbiti sulla superficie delle particelle che agiscono come un vettore.

Quindi i depuratori d'aria in combinazione con tecnologie di separazione di particelle e gas risultano essere interessanti per ridurre la quantità di COV mentre si filtrano le particelle. CEN-ISO e ASHRAE stanno sviluppando metodi di prova standard che misureranno l'efficienza di pulizia dell'aria o quantità equivalente di aria esterna pulita (CADR).

Un aspetto della tecnologia di depurazione dell'aria utilizzata è il potenziale rilascio nell'ambiente interno di prodotti chimici che possono essere dannosi per gli occupanti. Lavorando con le classi, un'opzione potrebbe essere che, in presenza di sistemi per la pulizia dell'aria, si potrebbe avere un livello di ventilazione corrispondente alla classe più bassa.

Con la pulizia dell'aria infatti si può quindi raggiungere una classe superiore senza aumentare la quantità di aria esterna.

Pertanto è raccomandata la EN 16798-1 che specifica la qualità dell'aria interna come una quantità di ventilazione aperta per la possibilità di utilizzare in parte la depurazione dell'aria come supplemento all'aria esterna o una funzione complementare.

Un problema serio è come e quanto ventilare se un edificio si trova in un'area con scarsa qualità d'aria esterna o se c'è un momento della giornata (ad esempio ora di punta) in cui la qualità dell'aria esterna è inaccettabile.

In alcuni casi potrebbe essere meglio ridurre la ventilazione e utilizzare un filtro dell'aria portatile per ridurre gli inquinanti dell'aria interna, il principio di ventilazione e diluizione non è applicabile in questo caso.

16.4 Qualità dell'aria interna

Le misurazioni della qualità dell'aria interna si basano generalmente sull'approccio indiretto della misurazione dei tassi di ventilazione. Tuttavia, la qualità dell'aria interna dipende anche dalla presenza di inquinanti interni specifici che possono degradare la percezione della qualità dell'aria da parte degli occupanti o compromettere la loro salute.

Le misurazioni inerenti la ventilazione devono dimostrare che i requisiti per la fornitura di aria fresca siano soddisfatti. Inoltre, saranno necessarie indagini e misurazioni di inquinanti specifici (es. formaldeide, altri COV, polvere fine M10 o PM_{2,5}).

Andranno identificati i livelli, le potenziali fonti (interne o esterne) e le strategie da attuare per una bonifica, quali:

- controllo e riduzione delle emissioni della fonte inquinante nell'aria interna;
- ventilazione per diluire le concentrazioni di inquinanti atmosferici indoor;
- filtrazione dell'aria esterna alle prese della ventilazione meccanica;
- ulteriore pulizia dell'aria indoor specifica per gli inquinanti presenti.

L'allegato I fornisce come riferimento i valori guida dell'OMS per gli inquinanti dell'aria interna ed esterna.

Il modo in cui ciò dovrebbe essere fatto non rientra nell'ambito di questo documento.

Un'eccezione è la misurazione della CO₂: negli edifici in cui le persone sono le principali fonti di inquinamento, i tassi di ventilazione (per persona o per m²) possono essere stimati utilizzando la misurazione della CO₂. Il decadimento di CO₂, che avviene quando le persone lasciano un edificio, può essere utilizzato per misurare le portate di ventilazione.

Le misure dovrebbero essere effettuate laddove è noto che gli occupanti trascorrono la maggior parte del loro tempo, preferibilmente a livello della testa e in condizioni tipiche di carico elevato.

Le misurazioni di CO₂ dovrebbero essere preferibilmente effettuate in condizioni invernali, quando è più bassa la portata d'aria esterna (uso limitato di finestre apribili) e possibilmente alla fine dell'occupazione.

In alcuni casi, le misurazioni nei "momenti peggiori" (ad es. fine della mattina o fine del pomeriggio, in un ufficio o in una scuola) potrebbero essere sufficienti.

Negli edifici più grandi non tutte le stanze devono essere valutate e misurate, è abbastanza misurare solo quelle rappresentative.

Se il progetto si basa su una quantità specifica di apporto d'aria esterna, tale quantità deve essere confermata mediante misurazione a livello di stanza. Una misurazione diretta nel condotto di alimentazione o sulla griglia di alimentazione è spesso più pratica e precisa nella misurazione delle concentrazioni di CO₂. La misurazione e la strumentazione utilizzata per la valutazione della fornitura d'aria deve soddisfare i requisiti indicati in EN 12599.

Innanzitutto, la fornitura totale di aria fresca per l'intero edificio deve essere misurata e tradotta in un valore medio per m².

Anche in un campione di locali (selezionato in modo rappresentativo), la fornitura di aria fresca "a livello di camera" dovrebbe essere misurata. Questo campione dovrebbe essere tradotto in una fornitura di aria fresca per m² e valore per persona, tenendo conto dei livelli di occupazione e del previsto ed effettivo livello di occupazione.

Le misurazioni dovrebbero essere effettuate in "condizioni meteorologiche semi-peggiori" che normalmente si verificano nei mesi invernali. In molti edifici a ventilazione meccanica viene utilizzato il ricircolo invernale.

Ovviamente la fornitura di aria a valori ambiente previsti dovrebbe essere corretta per il ricircolo durante i periodi in cui viene utilizzato il ricircolo. Quando si utilizzano sistemi di ventilazione meccanica a volume costante, le misurazioni istantanee sono sufficienti.

In edifici o spazi con sistemi a volume variabile, la fornitura di aria (a livello di stanza) dovrebbe essere misurato sia nella posizione minima che massima.

16.5 UNI EN 16798-1:2019 Allegato A Normativo

"Tutti i criteri nazionali raccomandati per l'ambiente interno"

"in fase di discussione e approvazione in seno a CTI"

Stralcio in merito alla qualità dell'aria

16.5.1 Generale

Il modello di cui all'allegato A della presente norma deve essere utilizzato per specificare le scelte tra i metodi, i dati di input richiesti e i riferimenti ad altre norme.

- Nota 1: seguire questo modello non è sufficiente per garantire la coerenza dei dati
- Nota 2: le scelte informative predefinite sono fornite nell'allegato B. Valori e scelte alternative possono essere imposti dalle normative nazionali / regionali. Se i valori e le scelte predefiniti dell'allegato B non sono adottati a causa della normativa nazionale/regolamenti regionali, si richiede che le autorità nazionali o regionali preparino schede tecniche contenenti i valori e le scelte nazionali o regionali, in linea con il modello di cui all'allegato A, o, per impostazione predefinita, l'organismo nazionale di normalizzazione aggiungerà o includerà un allegato nazionale (allegato NA) alla presente norma, in linea con il modello di cui all'allegato A, fornendo valori e scelte nazionali o regionali conformemente ai loro documenti legali.

- Nota 3: il modello di cui all'allegato A è applicabile a diverse esigenze (ad es. progettazione e certificazione di un nuovo edificio, ristrutturazione e certificazione di un edificio esistente) e a diversi tipi di edifici (ad es. piccoli o semplici edifici e edifici grandi o complessi). Si potrebbe fare una distinzione in valori e scelte per diverse applicazioni o tipi di edifici: aggiungendo colonne o righe (una per ogni applicazione), se il modello lo consente; includendo più di una versione di una tabella (una per ogni applicazione), numerata consecutivamente come a, b, c. Ad esempio: tabella NA.3a, tabella NA.3b; sviluppando diverse schede nazionali / regionali per lo stesso standard. Nel caso di un allegato nazionale alla norma, questi saranno numerati consecutivamente (allegato NA, allegato NB, allegato NC).
- Nota 4: nella sezione "Introduzione" di una scheda tecnica nazionale / regionale è possibile aggiungere informazioni, ad esempio sulle normative nazionali / regionali applicabili.
- Nota 5: per determinati valori di input che devono essere acquisiti dall'utente, una scheda tecnica che segue il modello dell'allegato A potrebbe contenere un riferimento alle procedure nazionali per la valutazione dei dati di input necessari. Ad esempio, riferimento a un protocollo di valutazione nazionale comprendente alberi decisionali, tabelle e pre-calcoli.

Criteri di base per la qualità dell'aria interna e i tassi di ventilazione

Nota: questa clausola include tutti i criteri nazionali raccomandati per la qualità dell'aria e le velocità di ventilazione.

16.5.2 Progettare le portate d'aria di ventilazione per edifici non residenziali

16.5.2.1 Generale

Per motivi di salute, la portata minima del flusso d'aria non deve essere inferiore a 4 l/s/persona e devono essere rispettati i valori della linea guida dell'OMS in A.7. Le portate d'aria indicate in questa clausola sono portate d'aria di ventilazione progettate.

In questo allegato presuppongono una miscelazione completa nella stanza (la concentrazione di inquinanti è uguale nell'aria estratta e nell'aria nella zona occupata). Le portate di ventilazione devono essere regolate in base all'efficacia della ventilazione se le prestazioni della distribuzione dell'aria differiscono dalla miscelazione completa, secondo la norma EN 16798-3.

16.5.2.2 Metodo 1 - Metodo basato sulla qualità dell'aria per-cepita

La portata di ventilazione di progetto è calcolata comprensiva di due componenti (a) ventilazione per diluire/rimuovere l'inquinamento dagli occupanti (bio effluenti) e (b) ventilazione per rimuovere/diluire l'inquinamento dall'edificio e dai sistemi (una quota parte per persona e una per superficie). La ventilazione per ciascuna categoria è la somma di questi due componenti, come illustrato con la Formula (1).

I tassi di ventilazione per gli occupanti sono riferiti a persone non adattate.

Le portate di ventilazione totale dipendono dalla densità di occupazione e dal tipo di edificio.

Un edificio è di default a basso inquinamento a meno che un'attività precedente non abbia provocato l'inquinamento dell'edificio (come il fumo). Dunque, un edificio a basso inquinamento deve essere considerato non inquinante. La categoria a bassissimo inquinamento richiede che la maggior parte dei materiali da costruzione utilizzati per la finitura delle superfici interne soddisfi i criteri nazionali o internazionali dei materiali a basso inquinamento. La definizione dei materiali da costruzione a bassissimo inquinamento è riportata in A.4. I valori per occupanti (qp) sono elencati nella Tabella A.6.

Nota generale al metodo

Indipendentemente dalla tipologia dell'edifici, cucine, bagni e servizi igienici richiedono portate d'aria di estrazione, che sono indicate in termini di portata dell'aria di estrazione in l/s, in particolare 4 l/s per l'estrazione continua, 8 l/s per l'estrazione discontinua durante il giorno. Le sale per stampanti e fotocopiatrici richiedono anche una portata d'aria di estrazione di almeno 8 l/s. Se il flusso d'aria estratto provoca un flusso d'aria di entrata direttamente dall'esterno o dalle aree limitrofe dipende dal progetto specifico dell'edificio. Solo nel primo caso deve essere considerata una velocità di ventilazione aggiuntiva per tenere conto del calcolo del carico o dell'energia.

Tabella A.6 - Tassi di ventilazione di progetto per le persone non adatte per diluire le emissioni (bioeffluenti) da persone di diverse categorie

Building	Type of space	Airflow per non-adapted person 1/(s pers.)		
		Category I	Category II	Category III
Offices	Small offices	8,5	7,5	5,5
	Landscaped offices, Conference rooms	8,5	7	5
	Call centers	8,5	7	5
Hospitals ³	Bedrooms, wards, diagnostic and examination rooms	11,5	10	8,7
	Treatment rooms	11,5	10	8,7
	Sitting rooms	11,5	10	8,7
Places of assembly	Auditoriums, cinemas, theaters, museums, exhibition's halls, churches	8,75	7	5,25
	Libraries, reading rooms	8,75	7	5,25
	Games rooms, betting rooms	8,75	7	5,25
	Dance halls, discos	18,75	15	11,25
Commercial	Grocery stores, dry cleaning, pharmacies	8,75	7	5,25
	Barbers and beauty salons	8,75	7	5,25
	All other retail stores, department stores, supermarkets	8,75	7	5,25
Restaurants	Cafeterias, bars, dining rooms	8,75	7	5,25
Educational	Kindergartens and nursery schools	7,5	6	4,5
	Primary and high schools, university class rooms, labs and teachers' rooms	7,5	5	4,5
	Libraries, reading rooms	6,9	5,5	4,1
	Language and music classrooms	6,9	5,5	4,1
Sport	Covered sport facilities: play fields	6,25	5	3,75
	Covered sport facilities: spectators areas	8,75	7	5,25
	Swimming pools (water pool area)	8,75	7	5,25
	Locker rooms	8,75	7	5,25
General	Service rooms, corridors	10	7	4

Le velocità di ventilazione (qB) per le emissioni degli edifici sono calcolate secondo le tabelle A.7a – A.7b – A.7c

Tabella A.7a - Tassi di ventilazione di progetto per diluire le emissioni dagli edifici: edificio a bassissimo inquinamento

Building	Type of space	Airflow per floor area 1/(s m ²)		
		Category I	Category II	Category III
Offices	Small offices	0,25	0,20	0,15
	Landscaped offices, Conference rooms	0,35	0,30	0,20
	Call centers	0,40	0,35	0,35
Hospitals ³	Bedrooms, wards, diagnostic and examination rooms	0,25	0,20	0,15
	Treatment rooms	0,50	0,40	0,30
	Sitting rooms	0,38	0,30	0,23
Places of assembly	Auditoriums, cinemas, theaters, museums, exhibition's halls, churches	0,25	0,20	0,15
	Libraries, reading rooms	0,32	0,25	0,15
	Games rooms, betting rooms	0,38	0,30	0,23
	Dance halls, discos	0,69	0,55	0,42
Commercial	Grocery stores, dry cleaning, pharmacies	0,50	0,40	0,30
	Barbers and beauty salons	0,30	0,25	0,20
	All other retail stores, department stores, supermarkets	0,25	0,20	0,15
Restaurants	Cafeterias, bars, dining rooms	0,63	0,50	0,38
Educational	Kindergartens and nursery schools	0,63	0,50	0,38
	Primary and high schools, university class rooms, labs and teachers' rooms	0,32	0,25	0,38
	Libraries, reading rooms	0,32	0,25	0,19
	Language and music classrooms	0,19	0,15	0,12
Sport	Covered sport facilities: play fields	0,38	0,30	0,23
	Covered sport facilities: spectators areas	0,25	0,20	0,15
	Swimming pools (water pool area)	0,38	0,30	0,23
	Locker rooms	0,19	0,15	0,12
General	Service rooms, corridors	0,50	0,35	0,20

Tabella A.7b - Tassi di ventilazione di progetto per diluire le emissioni dagli edifici: edifici a basso inquinamento

Building	Type of space	Airflow per floor area 1/(s m²)		
		Category I	Category II	Category III
Offices	Small offices	0,50	0,40	0,30
	Landscaped offices, Conference rooms	0,70	0,60	0,40
	Call centers	0,80	0,70	0,50
Hospitals ³	Bedrooms, wards, diagnostic and examination rooms	0,50	0,40	0,30
	Treatment rooms	1,00	0,80	0,60
	Sitting rooms	0,75	0,60	0,45
Places of assembly	Auditoriums, cinemas, theaters, museums, exhibition's halls, churches	0,50	0,40	0,30
	Libraries, reading rooms	0,63	0,50	0,30
	Games rooms, betting rooms	0,75	0,60	0,45
	Dance halls, discos	1,38	1,10	0,83
Commercial	Grocery stores, dry cleaning, pharmacies	1,00	0,80	0,60
	Barbers and beauty salons	0,60	0,50	0,40
	All other retail stores, department stores, supermarkets	0,50	0,40	0,30
Restaurants	Cafeterias, bars, dining rooms	1,25	1,00	0,75
Educational	Kindergartens and nursery schools	1,25	1,00	0,75
	Primary and high schools, university class rooms, labs and teachers' rooms	0,63	0,50	0,38
	Libraries, reading rooms	0,63	0,50	0,38
	Language and music classrooms	0,38	0,30	0,23
Sport	Covered sport facilities: play fields	0,75	0,60	0,45
	Covered sport facilities: spectators areas	0,50	0,40	0,30
	Swimming pools (water pool area)	0,75	0,60	0,45
	Locker rooms	0,38	0,30	0,23
General	Service rooms, corridors	1,00	0,70	0,40

Tabella A.7c - Tassi di ventilazione di progetto per diluire le emissioni dagli edifici: edifici a non basso inquinamento

Building	Type of space	Airflow per floor area 1/(s m ²)		
		Category I	Category II	Category III
Offices	Small offices	1,00	0,80	0,60
	Landscaped offices, Conference rooms	1,40	1,20	0,80
	Call centers	1,60	1,40	1,00
Hospitals ³	Bedrooms, wards, diagnostic and examination rooms	1,00	0,80	0,60
	Treatment rooms	2,00	1,60	1,20
	Sitting rooms	1,50	1,20	0,90
Places of assembly	Auditoriums, cinemas, theaters, museums, exhibition's halls, churches	1,00	0,80	0,60
	Libraries, reading rooms	1,26	1,00	0,60
	Games rooms, betting rooms	1,50	1,20	0,90
	Dance halls, discos	2,76	2,20	1,66
Commercial	Grocery stores, dry cleaning, pharmacies	2,00	1,60	1,20
	Barbers and beauty salons	1,20	1,00	0,80
	All other retail stores, department stores, supermarkets	1,00	0,80	0,60
Restaurants	Cafeterias, bars, dining rooms	3,00	2,00	1,50
Educational	Kindergartens and nursery schools	1,26	1,00	0,76
	Primary and high schools, university class rooms, labs and teachers' rooms	1,26	1,00	0,76
	Libraries, reading rooms	1,26	1,00	0,76
	Language and music classrooms	0,76	0,60	0,46
Sport	Covered sport facilities: play fields	1,50	1,20	0,90
	Covered sport facilities: spectators areas	1,00	0,80	0,60
	Swimming pools (water pool area)	1,50	1,20	0,90
	Locker rooms	0,76	0,60	0,46
General	Service rooms, corridors	2,00	1,40	0,80

Ad esempio, per le velocità del flusso d'aria di ventilazione per uffici singoli, vedere la Tabella A.8

Tabella A.8 - Esempio di portata d'aria di ventilazione di progetto per un ufficio di 10 m² con una persona, in un edificio a basso inquinamento (persona non adattata)

Classe	Edificio a bassa emissione l/(s·m ²)	Portata per persona non adattata l/(s·person)	Portata d'aria totale di ventilazione di progetto per singolo ambiente		
			l/s	l/(s·person)	l/(s·m ²)
I	0,5	8,5	13,5	13,5	1,35
II	0,4	7,5	11,5	11,5	1,15
III	0,3	5,5	8,5	8,5	0,85

16.5.2.3 Metodo 2 - Metodo che utilizza valori limite di concentrazione della sostanza

Le portate di ventilazione del progetto sono calcolate sulla base di un'equazione del bilancio di massa per la concentrazione della sostanza nel volume occupato, tenendo conto della concentrazione esterna.

Se la CO₂ viene utilizzata come tracciante dell'occupazione umana, i valori limite sono elencati nella Tabella A.9, come per altri possibili inquinanti.

Tabella A.9 - Valori di progettazione raccomandati per alcuni contaminanti negli ambienti interni

Pollutant	Concentration Limit value in Air per Building Category			
	Unit	I	II	III
CO ₂ ^{a)}	ppm	550 (10) ≤	≤ 800 (7)	≤ 1 350 (4)
CO ^{b)}	µg m ⁻³	2000 ≤	3000 ≤	5000 ≤
PM10 ^{b)}	µg m ⁻³	10 ≤	15 ≤	25 ≤
PM2.5 ^{b)}	µg m ⁻³	5 ≤	7.5 ≤	12.5 ≤
Ozone ^{b)}	µg m ⁻³	20 ≤	30 ≤	50 ≤
VOC tot ^{b)}	µg m ⁻³	100 ≤	150 ≤	250 ≤
Radon ^{b)}	Bq m ⁻³	20 ≤	30 ≤	50 ≤
a) Concentrations above outdoor assuming a standard CO ₂ emission of 20 L(h/person: between brackets the corresponding air flow in l/(s·person)				
b) Absolute values				

I valori limite riportati nella tabella A.9 devono essere utilizzati come riferimento per definire la categoria dell'edificio quando la quantità di inquinante rilasciato è nota e il proprietario indica la limitazione di questi inquinanti come requisito di progettazione ai fini della qualità dell'aria interna. In tutti gli altri casi, il metodo deve essere utilizzato solo per valutare la conformità ai criteri sanitari,

ovvero per verificare che la portata di ventilazione presunta assicuri una diluizione sufficiente per ridurre il rischio per la salute derivante da uno specifico inquinante atmosferico, quando necessario. Quando non esistono raccomandazioni nazionali per i limiti sanitari per l'inquinante considerato, i criteri basati sulla salute dell'OMS indicati nella clausola A.7 devono essere utilizzati per determinare i valori limite di concentrazione.

16.5.2.4 Metodo 3: metodo basato su portate d’aria predefinite: non si applica

16.5.3 Le portate d’aria di ventilazione di progetto per edifici residenziali

Il criterio selezionato per la progettazione della portata dell’aria nell’edilizia residenziale è la portata dell’aria di mandata di progetto in base alla qualità dell’aria interna percepita. La tabella A.11 riporta il flusso d’aria al secondo per persona, q_p , e la tabella A.12 il flusso d’aria al secondo per metro quadrato, q_B , e fornisce i valori di portata dell’aria di mandata in base alla qualità dell’aria interna percepita. Si presume che l’aria sia fornita nelle stanze quali il soggiorno e la camera da letto ed estratta dalle stanze sporche quali bagni e ripostigli, ecc..

Tabella A.11 - Progettare i tassi di ventilazione per diluire le emissioni dalle persone (bioeffluenti)

Building	Type of space	q_p [l/(s pers.)]		
		J	II	III
Homes, apartment ¹	Whole residential unit	10,0	7,0	4.0
Special residences	Dormitories, bedrooms ^{2,3}	10.0	6.0	4.0
	Meeting rooms	8,5	7,0	5,0
Hotels	Hotel rooms	8,0	6,0	4
	Reception, lobbies	8,5	7,0	5,0
	Conference rooms	8,5	7,0	5,0
	Dining rooms	8,5	7,0	5,0
1,2 Values also based on CO ₂ requirements				
3 Without bunkbeds; in such case the ventilation flow rate should be double				

Tabella A.12 - I tassi di ventilazione per la diluizione delle emissioni negli edifici

Building	Type of space	Very Low Polluting B. q_B [l/(s m ²)]			Low Polluting B. q_B [l/(s m ²)]			No-low Polluting B. q_B [l/(s m ²)]		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
Homes, apartments	Whole residential unit without wet rooms	0,0	0,0	0,	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Special residences ²	Dormitories, bedrooms	0,38	0,30	0,23	0,75	0,60	0,45	1,50	1,20	0,90
	Meeting rooms	0,30	0,25	0,15	0,50	0,40	0,30	1,00	0,80	0,60
Hotels	Hotel rooms	0,35	0,30	0,20	0,70	0,60	0,40	1,40	1,20	0,80
	Reception, lobbies	0,50	0,40	0,30	1,00	0,80	0,60	2,00	1,60	1,20
	Conference rooms	0,19	0,15	0,12	0,38	0,30	0,23	0,76	0,60	0,46
	Dining rooms	0,63	0,50	0,38	1,25	1,00	0,75	2,50	2,00	1,50

I valori della tabella A.12 presuppongono che l'aria esterna sia la fonte primaria.

- le portate dell'aria di ripresa non sono previste
- le superfici di apertura per la ventilazione naturale non sono previste

16.5.4 Criteri per il dimensionamento di umidificazione e deumidificazione

Per edifici senza requisiti di umidità diversi dall'occupazione umana (es. uffici, scuole ed edifici residenziali) di solito non è necessaria l'umidificazione o la deumidificazione. Queste operazioni sono necessarie solo in edifici speciali come musei, determinati spazi sanitari, controllo dei processi, industria della carta.

Se si utilizza l'umidificazione o la deumidificazione, i valori nella tabella A.13 devono essere presi come valori di progetto al fine di applicare una categoria all'edificio.

Tabella A.13 - Criteri di progettazione per l'umidità negli spazi occupati se sono installati sistemi di umidificazione o deumidificazione

Type of building/space	Category	Design relative humidity for dehumidification, %	Design relative humidity for humidification, %
Space where humidity criteria are set by human occupancy. Special spaces (museum, churches, etc.) might require other limits	I	55	45
	II	60	40
	III	65	35

16.5.5 Come definire gli edifici caratterizzati da tassi di inquinanti bassi e molto bassi

L'edificio produce tassi d'inquinanti ritenuti bassi o molto bassi se la maggior parte dei materiali interni ha emissioni basse o molto basse. I materiali a bassa e bassissima emissione sono la pietra, il vetro, la ceramica e il metallo non trattato, che sono noti per non mostrare emissioni nell'aria interna, e tutti quei materiali che mostrano emissioni basse o molto basse quando vengono testati in una camera di prova ventilata dopo 28 giorni, in linea con gli standard internazionali di prova EN 16516 o ISO 16000-3 / ISO 16000-6 / EN ISO 16000-9 / EN ISO 16000-11, con i risultati calcolati come specificato nella EN 16516.

Tabella A.14 - Criteri per i diversi tipi di edificio

SOURCE	Low emitting products for LPB2	Very low emitting products for LPB2
Total VOCs TVCO (as in EN 16516)	< 1000 µg/m³	< 300 µg/m³
Formaldehyde	< 100 µg/m³	< 30 µg/m³
Any C1A or C1B classified carcinogenic VOC	< 5 µg/m³	< 5 µg/m³
R value (as in EN 16516)	< 1,0	< 1,0

Il valore R include gli inquinanti che sono stati identificati con valori limite.

La conformità con la tabella A.14 può essere dimostrata presentando un rapporto di prova, rilasciato da un laboratorio con un accreditamento EN ISO/IEC 17025 che include gli standard di prova pertinenti o mostrando un attestato valido di conformità volontaria che riporti i valori limite sopra esposti (o valori limite più rigorosi) dopo 28 giorni di conservazione in una camera ventilata di prova.

16.5.6 Criteri per le sostanze presenti nell'aria interna

La tabella A.18, nella seconda colonna, fornisce i valori guida suggeriti per gli inquinanti dell'aria interna ed esterna come formulato dall'OMS. Per alcuni inquinanti, l'OMS non ha ancora definito i requisiti di aria interna.

Per questi valori vengono presentati solo i requisiti OMS per esterni (vedere la terza colonna).

Tabella A.18 - linee guida dell'OMS per le sostanze inquinanti presenti nell'aria interna ed esterna

Pollutant	WHO Indoor Air Quality guidelines 2010	WHO Air Quality guidelines 2005
Benzene	No safe level can be determined	
Carbon monoxide	15 min. mean: 100 mg/m ³ 1 h mean: 35 mg/m ³ 8 h mean: 10 mg/m ³ 24 h mean: 7 mg/m ³	
Formaldehyde	30 min. mean: 100 µg/m ³	
Naphthalene	Annual mean: 10 µg/m ³	
Nitrogen dioxide	1 h mean: 200 µg/m ³ Annual mean: 20 µg/m ³	
Polyaromatic Hydrocarbons (e.g. Benzo Pyrene A B[a]P)	No safe level can be determined	
Radon	100 Bq/m ³ (sometimes 300 mgf/m ³ , country specific)	
Trichlorethylene	No safe level can be determined	
Tetrachloroethylene	Annual mean: 250 µg/m ³	
Sulfure dioxide		10 min. mean: 500 µg/m ³ 24 h mean: 20 µg/m ³
Ozone		8 h mean: 100 µg/m ³
Particulate Matter PM 2,5		24 h mean: 250 µg/m ³ Annual mean: 10 µg/m ³
Particulate Matter PM 10		24 h mean: 50 µg/m ³ Annual mean: 20 µg/m ³

I valori delle linee guida sulla qualità dell'aria ambiente dell'OMS possono essere considerati come un riferimento per la qualità dell'aria negli ambienti chiusi, se non esistono linee guida o raccomandazioni nazionali specifiche. A causa degli effetti sulla salute confermati, anche a concentrazioni inferiori rispetto ai valori limite attuali e al loro effetto cancerogeno, il livello di IPA, di particelle (PM) e di benzene deve essere sempre mantenuto il più basso possibile.

In caso di inquinamento interno specifico, le portate di ventilazione devono essere adattate per ottimizzare l'effetto di diluizione e possono essere prese in considerazione strategie aggiuntive di ventilazione e pulizia dell'aria.

16.5.7 Tassi di occupazione di riferimento

Building	Type of space	Occupancy O_c Persons/m ²
Residential	Whole residential unit	Note a)
Special residences ^{b)}	Meeting rooms	0,6
	Dormitories, bedrooms	0,1
Hotels	Reception, Lobbies	0,2
	Conference rooms	0,6
	Dining rooms	0,66
	Bedrooms	0,1
Offices	Small offices	0,1
	Landscaped offices	0,12
	Call centre	0,4
	Meeting rooms	0,6
Hospitals ³	Bedrooms, wards, diagnostic and examination rooms	0,1
	Rooms for infected or immunosuppressed people	0,08
	Sitting rooms	0,4
	Treatment rooms	0,2
Places of assembly	Atriums, waiting rooms, adjoining bar area	0,3
	Auditoriums, cinemas, theaters, churches	0,7
	Games rooms, betting rooms	0,4
	Museum, exhibition's halls	0,4
	Libraries, reading rooms	0,3
	Dance halls, discos	0,7
Commercial	Grocery stores, pharmacies	0,2
	Barbers and beauty salons	0,2
	All other retail stores, department stores, supermarkets	0,2
	Dry cleaning	0,1
Restaurants	Bars, cafeterias, self service	0,8
	Dining rooms	0,6
Educational	Kindergartens and nursery schools	0,42
	Primary schools	0,52
	Secondary schools	0,52
	High schools	0,51
	University classrooms	0,50
	Libraries, reading rooms	0,3
	Language and music classrooms	0,2
	Labs	0,5
	Teachers rooms	0,7
Sport	Covered sport facilities: play fields	0,25
	Covered sport facilities: spectators areas	0,7
	Swimming pools (water pool area)	0,5
	Locker rooms	0,2

Note:

a) L'occupazione di riferimento nella residenza è definita in un numero pari a 2 persone per monolocali e bilocali. Per ogni camera da letto aggiuntiva, se la superficie è inferiore a 14 m², viene considerata una persona in più e se la superficie è maggiore o uguale a 14 m², vengono prese in considerazione 2 persone in più.

b) Scuole, rifugi, prigionieri, caserme, conventi.

16.6 UNI EN 16798-3:2018

Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 3: ventilazione per edifici non residenziali; requisiti prestazionali per i sistemi di ventilazione e condizionamento ambientale.

(stralcio della parte normativa inerente la qualità dell'aria)

Questo documento è stato preparato dal Comitato tecnico CEN / TC 156 "Ventilazione per edifici", il cui segretariato è detenuto da BSI.

Lo standard è stato prodotto per soddisfare i requisiti della Direttiva 2010/31/UE del 19 maggio 2010 sul rendimento energetico degli edifici, denominato "EPDB".

Il documento sostituisce la norma UNI EN 13779: 2008, prodotta per soddisfare i requisiti della direttiva 2002/91/CE, 16 dicembre 2002, sul rendimento energetico degli edifici denominato "EPBD". Questo documento è stato redatto su mandato conferito al CEN dalla Commissione Europea e dall'Associazione europea di libero scambio.

La revisione riguarda principalmente i seguenti aspetti:

- Nuova struttura per chiarire gli aspetti di progettazione e calcolo;
- Aggiornamento degli aspetti di filtrazione;
- Aggiornamento degli aspetti di recupero del calore e perdite in questi sistemi;
- Chiaro coordinamento con UNI EN 16798-1:2019, le portate in volume di aria esterna sono state spostate a UNI EN 16798-1:2019;
- Tutti gli aspetti della qualità dell'aria interna sono stati eliminati, è stata introdotta la qualità dell'aria di mandata;
- Gli aspetti della prestazione energetica sono stati aggiornati;
- Aggiornamento delle definizioni dei sistemi;
- Aggiornamento delle definizioni SPF e collegamenti al regolamento 327/2014 dell'UE;
- Il documento è stato suddiviso in una parte normativa, contenente tutti gli aspetti normativi e un supplemento relazione tecnica contenente informazioni aggiuntive e allegati informativi CEN/TR 16798.4
- La norma consente un allegato nazionale normativo;
- Lo standard è stato aggiornato per includere la fascia oraria/mensile/stagionale.

16.6.1 Introduzione

La presente norma europea fa parte di una serie di norme intese all'armonizzazione internazionale della metodologia per la valutazione del rendimento energetico degli edifici, denominata "insieme di standard EPB".

Tutti gli standard EPB seguono regole specifiche per garantire coerenza, non ambiguità e trasparenza complessive.

Tutti gli standard EPB offrono una certa flessibilità per quanto riguarda i metodi, i dati di input richiesti e i riferimenti ad altre norme EPB, mediante l'introduzione di un modello normativo nell'allegato A e nell'allegato B con scelte predefinite informative.

Per un uso corretto di questa norma europea, un modello normativo è riportato nell'allegato A per specificare le scelte. Le scelte informative di default sono fornite nell'allegato B della norma stessa. I principali gruppi target di questa norma europea sono tutti gli utenti dell'insieme di norme EPB (ad es. architetti, ingegneri, regolatori).

Scelte obbligatorie possono essere fornite a livello nazionale o regionale per determinate applicazioni specifiche. Queste scelte (informative predefinite dell'allegato B o necessità di scelte adattate a livello nazionale/regionale, ma in ogni caso seguendo il modello del presente allegato A) possono essere rese disponibili come allegato nazionale o come documento separato, ad es. legale (scheda tecnica nazionale) (si veda paragrafo 16.5.).

Nota:

- i regolatori specificheranno le scelte;
- il singolo utente applicherà lo standard per valutare le prestazioni energetiche di un edificio e quindi utilizzerà le scelte fatte dai regolatori.

Gli argomenti trattati nella presente norma europea possono essere soggetti a regolamentazione pubblica. Una regolamentazione pubblica sugli stessi argomenti può sovrascrivere i valori predefiniti nell'allegato B della presente norma. Un regolamento pubblico sugli stessi argomenti può persino, per determinate applicazioni, ignorare l'uso di questa norma europea. I requisiti legali e le scelte non sono generalmente pubblicate in standard ma in documenti legali. Al fine di evitare la doppia pubblicazione e un difficile aggiornamento di documenti doppi, un allegato nazionale può fare riferimento ai testi giuridici dove le scelte nazionali sono state fatte dalle autorità pubbliche. Diversi allegati nazionali o schede tecniche nazionali sono possibili per diverse applicazioni.

Si prevede che i valori predefiniti, le scelte e i riferimenti ad altre norme EPB di cui all'allegato B non siano seguiti a causa di regolamenti, politiche o tradizioni nazionali, infatti:

- le autorità nazionali o regionali preparano schede tecniche contenenti le scelte nazionali e regionali con valori secondo il modello di cui all'allegato A. In questo caso l'allegato nazionale (NA) fa riferimento a questo testo;

- per impostazione predefinita, l'organismo nazionale di normalizzazione prenderà in considerazione la possibilità di aggiungere o includere un allegato locale in accordo con il modello dell'allegato A, in conformità con i documenti legali che danno valori e scelte nazionali o regionali.

Ulteriori informazioni sono fornite nel Rapporto tecnico che accompagna questo standard (CEN/TR 16798-4).

Questa norma europea prevede requisiti specifici per progettisti, installatori, produttori, proprietari ed utenti degli edifici, per quanto riguarda i sistemi di ventilazione, di condizionamento dell'aria e di condizionamento degli ambienti al fine di ottenere un ambiente interno confortevole e salubre in tutte le stagioni con un'installazione e costi di gestione accettabili. La presente norma europea si concentra sugli aspetti del sistema per applicazioni tipiche e copre:

- Aspetti importanti per raggiungere e mantenere una buona prestazione energetica nei sistemi senza alcun impatto negativo sulla qualità dell'ambiente interno.
- Definizioni di dati di progettazione e prestazioni.

Per la progettazione dell'uso di questa norma europea è previsto un allegato normativo o informativo nazionale, parametri di progettazione aggiuntivi e un allegato predefinito o informativo è riportato nell'allegato D.

16.6.2 Lo scopo

La presente norma europea si applica alla progettazione, al rendimento energetico degli edifici e all'attuazione di sistemi di ventilazione, di condizionamento dell'aria e al condizionamento di ambienti non residenziali soggetti a occupazione umana; sono escluse le applicazioni per i processi industriali. Essa si concentra sulle definizioni dei vari parametri rilevanti per tali sistemi.

Le linee guida per la progettazione che accompagnano questa norma europea, descritte nel documento CEN/TR 16798-4, sono principalmente applicabili ai sistemi di ventilazione e/o di scarico meccanici. Sistemi di ventilazione naturale o ventilazione naturale facente parte di sistemi di ventilazione ibrida non sono coperti dalla presente norma europea.

Le applicazioni di sistemi di ventilazione nel residenziale non sono trattate in questa norma europea.

Le prestazioni dei sistemi di ventilazione negli edifici residenziali sono trattati in EN 15665 e CEN / TR 14788.

La classificazione utilizza diverse categorie. Per alcuni valori vengono forniti esempi e, per i requisiti, vengono presentati intervalli tipici con valori predefiniti. I valori predefiniti indicati in questa norma europea non sono normativi in quanto tali e dovrebbero essere utilizzati laddove non siano stati specificati altri valori. La classificazione dovrebbe essere sempre in relazione al tipo di edificio e alla sua destinazione d'uso e dovrebbe essere usata come base nella spiegazione nel caso in cui gli

esempi forniti nella norma europea non devono essere utilizzati.

Nota 1: standard diversi possono esprimere le categorie per gli stessi parametri in modo diverso e anche i simboli di categoria possono essere diversi.

Questa norma europea ha una posizione relativa nella tabella in ambito dell'insieme di norme EPB nel contesto della struttura modulare secondo la norma EN ISO 52000-1.

Nota 2: nel CEN ISO/TR 52000-2 è possibile trovare la stessa tabella, per ciascun modulo, con i relativi numeri delle norme EPB e relazioni tecniche di accompagnamento pubblicate o in preparazione.

Nota 3: i moduli rappresentano gli standard EPB, sebbene uno standard EPB possa coprire più di un modulo e un modulo può essere coperto da più di uno standard EPB.

16.6.3 L'ambiente indoor

I sistemi di ventilazione, climatizzazione o condizionamento coinvolgono i seguenti parametri:

- Ambiente termico;
- Qualità dell'aria interna;
- Umidità dell'aria interna;
- Ambiente acustico.

Nota:

Le comodità e le prestazioni delle persone in una stanza dipendono anche da altri fattori quali: tipo di lavoro e configurazione del luogo di lavoro, illuminazione e colori, dimensioni della stanza, arredamento, vista all'esterno, condizioni e rapporti di lavoro e fattori individuali. Le ipotesi di progettazione per l'ambiente interno sono basate su accordi di progettazione. Altre informazioni di base, incluse le categorie, i valori predefiniti relativi ai criteri di progettazione e ulteriori orientamenti sulla qualità dell'aria, sono riportati in questa norma.

I requisiti concordati per l'ambiente termico, la qualità dell'aria interna, l'umidità dell'aria interna e l'ambiente acustico sono validi per la zona occupata definita.

16.6.4 Accordo dei criteri di progettazione

I criteri di progettazione specificano le informazioni necessarie per progettare il sistema. Questi criteri costituiscono anche la base delle misure che devono essere effettuate durante il processo di consegna. Essi forniscono il linguaggio comune tra tutte le parti, tra cui il cliente, il progettista, il contraente e il personale di manutenzione.

Le informazioni necessarie per la progettazione del sistema sono organizzate sulla base di diversi documenti delineati. Se il metodo utilizzato per dimensionare il sistema richiede ulteriori dettagli, questi dovranno essere forniti.

La procedura di calcolo per i requisiti energetici del sistema di ventilazione e climatizzazione è pre-

sentata in M5-6-1, M5-5, M4-1, M4-4, M4-9, M4-3, M4-3, M4-8 considerando M1-9.

Anche se in questo standard i termini “cliente”, “designer” o “imprenditore” vengono utilizzati per descrivere la funzione, le responsabilità dipendono dal contratto. L'utilizzo di questi termini non presuppone alcuna definizione di responsabilità per le informazioni.

Tuttavia, se una delle parti non fornisce le informazioni, l'altra le chiederà o utilizzerà e registrerà le ipotesi necessarie.

Tutte le decisioni di progettazione chiave devono essere concordate e documentate.

La descrizione delle caratteristiche dell'ambiente e della struttura dell'edificio deve essere ottenuta per la progettazione.

I risultati desiderati richiesti al momento della consegna e durante il normale funzionamento devono essere specificati e documentati.

La descrizione dell'edificio con dati di costruzione, utilizzo e requisiti è un processo in continua evoluzione con un crescente grado di dettaglio e precisione con l'evoluzione del progetto.

Pertanto, l'uso di tutte le specifiche deve sempre essere chiaramente indicato. I dettagli sulle informazioni necessarie dipendono anche dal metodo di calcolo utilizzato.

Un sistema di classificazione per l'uso delle entità costruttive (M1-6) e specificando i requisiti (secondo questo standard) deve essere utilizzato per tutta la progettazione.

I requisiti di progettazione di tutte le entità e gli schemi di utilizzo devono essere specificati in base a questo standard.

16.6.4.1 Caratteristiche generali dell'edificio

Posizione, condizioni all'aperto, quartiere:

Le informazioni relative all'ubicazione dell'edificio interessato, le caratteristiche significative del quartiere, come gli edifici adiacenti, le sfumature, le riflessioni, le emissioni, le strade, i campi di aviazione, la costa marittima, i requisiti speciali e tutte le altre informazioni che influenzano il design dell'edificio devono essere specificate nella progettazione.

La categoria di aria esterna deve essere definita in conformità alla tabella 8.

Progettazione dei dati meteorologici:

Sono fornite informazioni sui dati climatici. Nella progettazione sono richiesti le condizioni per l'inverno e per l'estate, nonché i dati annuali per il calcolo dell'energia. I parametri climatici più importanti per la progettazione sono:

- Inverno: temperatura esterna e velocità del vento;
- Estate: temperatura esterna, umidità e radiazione solare.

I dati relativi al clima (come un anno di riferimento, dati mensili o stagionali) sono definiti per stimare il consumo energetico annuo. Ulteriori informazioni sulle condizioni estreme sono necessarie per

verificare la capacità del sistema e il comfort termico, possibile soprattutto durante il riscaldamento in estate. UNI EN 16798-1 fornisce ulteriori informazioni sull'applicazione.

Informazioni sul funzionamento dell'edificio:

Il profilo occupazionale durante i giorni tipici, i periodi annuali di non occupazione (ad esempio, le scuole ecc.) E l'uso generale operativo (ad esempio fine settimana, notte ecc.) Sono specificati utilizzando i principi di M1-6 o utilizzando i requisiti nazionali.

Dati di costruzione:

Tutte le parti edili devono essere specificate con i relativi dati di costruzione.

Descrizione geometrica:

Si deve presentare la descrizione geometrica che include informazioni sull'orientamento degli elementi esposti all'ambiente esterno con impatto sulla ventilazione o sui carichi termici (ad esempio finestre, porte, aperture, sfumature, pareti) e ciò può avvenire sotto forma di disegni e / o tabelle.

Si raccomanda la specifica del volume netto e della superficie del pavimento.

Uso delle camere:

Le informazioni sull'utilizzo di ciascuna stanza o gruppo di stanze con uso simile devono essere fornite, preferibilmente in una tabella.

Nota: ulteriori informazioni su UNI EN TR 16798-4 e EN 12599: 2012, A.1.

Occupazione umana:

Il numero di persone costituisce una condizione di base di utilizzo perché il flusso di volume dell'aria esterna dell'aria deve essere progettato per questo livello di occupazione.

Il livello di occupazione è indicato come pianificazione, ad esempio specificando i valori di occupazione oraria, compresi l'attività e gli indumenti (vedi M1-6).

Vincoli di calore interni:

Devono essere specificati i guadagni termici interni (persone, illuminazione e attrezzature) per le varie stanze o gruppo di stanze. I guadagni sono definiti come segue:

- guadagni sensibili, convettivi o radiativi
- guadagni latenti.

Essi sono definiti come orari simili all'occupazione.

Nota: UNI EN TR 16798-4 fornisce ulteriori informazioni sui carichi interni.

Inquinamento interno e fonti di umidità:

La categoria dell'edificio (classe inquinante dell'edificio) deve essere definita in conformità alla UNI EN 16798-1.

L'inquinamento speciale o la produzione di umidità in una stanza dovranno essere definiti, con riferimento ai limiti massimi di tali inquinanti che possono essere riscontrati all'interno della stanza.

Ogni inquinante è definito dal suo programma di emissione e dal valore limite ammesso.

Estrazione dell'aria:

In alcune applicazioni il flusso dell'aria estratta è dato dal tipo di processo o di apparecchiatura. In questo caso è necessario definire il suo flusso, la posizione e la progettazione dell'attrezzatura di estrazione.

Requisiti nelle camere:

I requisiti dei carichi interni devono essere specificati camera per camera. I requisiti relativi alle condizioni termiche e al bando devono essere soddisfatti nella zona occupata, specificata in conformità a M1-6.

Tipo di controllo:

Il tipo di controllo dell'ambiente interno mediante il sistema di ventilazione deve essere specificato in base alle definizioni riportate nella tabella 12 e deve essere adattato all'uso della stanza.

Comfort termico:

Le condizioni termiche della stanza dovranno essere specificate in conformità con l'aspetto M1-6 (occupazione umana) e gli aspetti relativi all'edificio e al sistema.

I criteri per il progetto nella zona occupata devono essere specificati secondo M1-6.

Qualità dell'aria per le persone:

È necessario specificare il livello di qualità dell'aria e il metodo di classificazione applicato. Le portate d'aria necessarie per raggiungere i requisiti specificati sono calcolati secondo M1-6.

Deve essere specificato e progettato il concetto di ventilazione per raggiungere le portate dell'aria specificate.

Livello di rumore:

Il rumore dovuto alle apparecchiature di ventilazione e di climatizzazione non deve generare un livello di rumore inaccettabile per l'ambiente interno ed esterno.

Nota: le istruzioni sono fornite in UNI EN TR 16798-4, A.16.

Verrà specificato il livello massimo di pressione sonora ammissibile nella stanza.

I requisiti di sistema includono in genere:

- ubicazione delle aperture di aspirazione e di scarico dell'aria. (UNI EN TR 16798-4);
- filtro dell'aria e selezione del filtro, vedere 9.7;
- applicazione di umidificazione e deumidificazione vedi tabella 11;
- aspetti del recupero di calore, vedere 9.6;
- riutilizzo dell'aria di estrazione, vedere 9.2.1;
- isolamento termico del sistema, vedere 8.9;
- protezione da umidità e condensa dannose, vedi 8.9;
- tenuta d'aria del sistema, vedere 9.8.6;
- aspetti della pulizia e dell'igiene dei componenti e del sistema, (vedere UNI EN 15780);

- le condizioni di pressione all'interno del sistema e dell'edificio, tenendo conto della costruzione dell'impianto e della tenuta d'aria del sistema (9.4);
- consumo di energia elettrica (in base alla caduta di pressione e all'efficienza dei sistemi e dei componenti) (9.5);
- requisiti di spazio per componenti e sistemi (UNI EN TR 16798-4);
- aspetti relativi all'installazione, al funzionamento e alla manutenzione (vedi UNI EN 15780);
- strumentazione per il controllo delle prestazioni (vedi EN 12599).

Requisiti generali per la manutenzione e la sicurezza del funzionamento:

Il sistema e ciascuno dei componenti devono essere disposti, progettati e installati per consentire un funzionamento efficiente ed igienico e una manutenzione.

È necessario riservare spazio sufficiente per manutenzione, pulizia, smontaggio e riparazione, considerando le dimensioni dei componenti o delle unità.

Il sistema deve essere pulito e dotato di filtri puliti in fase di consegna.

Nota: ulteriori informazioni sono fornite in UNI EN TR 16798-4.

Processo dall'inizio del progetto al funzionamento:

Il processo dall'avvio del progetto al normale funzionamento è generalmente caratterizzato dalle seguenti fasi.

Tuttavia l'organizzazione definitiva è sempre conforme al contratto specifico.

Il processo deve tenere conto dei seguenti punti:

- A) l'inizio del progetto;
- B) Definizione delle condizioni e requisiti di progettazione (documenti di progettazione);
- C) Verificare con le autorità, le normative pertinenti;
- D) Design;
- E) Installazione;
- F) Verifica dell'installazione;
- G) Avvio dell'operazione, verifica delle funzioni, bilanciamento, prova con registrazioni scritte e se effettuate misure conformi alla norma EN 12599;
- H) Avvio dell'impianto;
- I) Dichiarazione di installazione finita, indirizzata al cliente;
- J) Controllo di completezza, prove funzionali, misure funzionali e misure speciali secondo la norma EN 12599;
- K) Consegna del sistema, compresa la consegna di tutti i documenti pertinenti con le istruzioni su come gestire e mantenere il sistema, al cliente;
- L) Funzionamento e manutenzione;
- M) Ispezioni regolari del sistema, ad es. Ispezioni energetiche (vedere M4-11, M5-11; M6-11, M7-11);

N) Monitoraggio del consumo energetico mediante contabilità o altro modo di registrazione.

Umidità dell'aria immessa:

L'umidità dell'aria immessa deve essere controllata in modo che non si verifichi alcuna condensa sulle superfici interne del condotto o sulle superfici interne dell'involucro dell'edificio.

La condensa di superficie aumenta sempre il rischio di crescita microbica e deve essere evitata.

La progettazione del flusso dell'aria di mandata e dell'umidità deve basarsi sulle fonti di umidità da interni ed esterni.

Le fonti interne comprendono l'umidità da occupazione umana, le piante, le piscine, ecc. L'umidità esterna è l'infiltrazione dell'aria esterna attraverso l'involucro e le aperture dell'edificio.

Le differenze di pressione sulla struttura dell'edificio possono creare fenomeni di umidità nella struttura o nella componente costruttiva (esfiltrazione) e causare condensa nella struttura.

La condensa nella struttura dell'edificio danneggia i materiali da costruzione e aumenta il rischio di crescita microbica. L'elevata umidità interna e la bassa temperatura esterna aumentano il rischio di condensa. Il progetto di tenuta d'aria dell'edificio è la limitazione principale al fine di evitare l'esfiltrazione attraverso la struttura dello stesso. L'equilibrio dei flussi di aria estratta ed espulsa deve essere disposto per ridurre l'esfiltrazione dell'aria umida ad una quantità tale che il rischio di condensa nella struttura sia trascurabile.

L'umidificazione o la deumidificazione dell'aria ambiente con l'aria immessa non è di solito necessaria, ma se viene utilizzata, l'uso deve essere progettato per i limiti dell'intervallo di umidità ammesso, il minimo per l'umidificazione e il massimo per la deumidificazione.

Nota: M1-6 fornisce maggiori indicazioni sui valori di riferimento per l'umidificazione e la deumidificazione.

16.6.5 Classificazione e simbologia

Specifica dei tipi di aria

I tipi di aria in un edificio e in un sistema di ventilazione o di condizionamento dell'aria sono indicati nelle figure sotto riportate.

Le sigle e i colori indicati nella figura devono essere utilizzati per contrassegnare il tipo di aria e il tipo di sistema di ventilazione o di condizionamento dell'aria. Le abbreviazioni possono anche essere utili per l'etichettatura di parti del sistema.

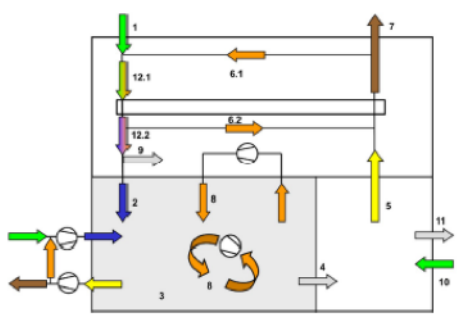


Figura 1 norma in via di revisione e approvazione

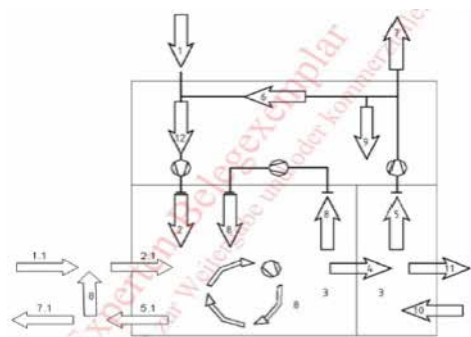


Figura 2 norma pubblicata

N.	Tipologia di aria	Rif.	Colore	Definizioni
1	Esterna	ODA	Verde	Aria esterna che entra nel sistema prima del recupero di calore, plenum di miscelazione o prima del trattamento se non vi è nessun recupero di calore o box di miscelazione.
2	Immessa	SUP	Blu	Flusso d'aria che entra nella stanza trattata, o dopo il recupero di calore o qualsiasi altro trattamento
3	Interna	IDA	Grigio	Aria interna
4	Trasferita	TRA	Grigio	Aria interna che passa tra due ambienti trattati
5	Estratta	ETA	Giallo	Aria che esce dalla stanza trattata e rientra nel sistema di trattamento della stessa
6.1	Ricircolata	RCA	Arancio	Aria di ripresa che viene restituita al sistema di trattamento e riutilizzata come aria di immissione
6.2	Immessa per l'estrazione			Aria che viene trasferita per essere estratta
7	Espulsa	EHA	Marrone	Aria estratta ed espulsa in atmosfera
8	Secondaria	SEC	Arancio	Aria prelevata da una stanza e riportata nella stessa stanza dopo ogni trattamento. Nota: l'aria indotta in un'unità di induzione è considerato come aria secondaria.
9	Perdita di aria	LEA	Grigio	Perdite d'aria nel sistema di trattamento e distribuzione
10	Infiltrazione	INF	Verde	Perdita d'aria nella struttura dell'edificio verso il sistema
11	Esfiltrazione	EXF	grigio	Perdita d'aria nel sistema verso la struttura dell'edificio
12.1	Miscelata con aria esterna	MIA	Colori separati	Aria che contiene due o più flussi diversi che entra nel recupero di calore in AHU
12.2	Immissione dopo ricircolo			Aria che contiene due o più flussi diversi che esce dal recupero di calore in AHU
1.1	Esterna per singolo locale	SRO	Verde	Aria esterna che entra prima di ogni trattamento in un singolo ambiente
2.1	Immessa per singolo locale	SRS	Blu	Aria che entra in un ambiente singolo trattato
5.1	Estratta per singolo locale	SET	Giallo	Aria che lascia un ambiente singolo trattato
7.1	Espulsa per singolo locale	SEH	marrone	Aria espulsa da un ambiente singolo trattato

Nel caso di impianti misti con trattamento centralizzato della sola aria esterna, l'aria immessa viene detta aria primaria; negli stessi impianti l'aria trattata dai terminali locali viene detta aria secondaria.

16.6.5.1 Aria estratta ed espulsa

Le classificazioni dell'aria di estrazione e di scarico per l'applicazione in questo standard sono riportate nella tabella sotto. Nel caso in cui l'aria d'estrazione contenga diverse categorie provenienti da stanze diverse, il flusso con il numero di categoria più alto determina, come predefinito, la categoria del flusso di aria totale.

Nota: per la classificazione del flusso d'aria misto vedere CEN / TR 16798-4.

Le categorie per l'aria espulsa si applicano all'aria dopo ogni pulizia (filtrazione e/o depurazione) che viene eventualmente fatta. Quando l'aria espulsa viene pulita, il metodo e l'effetto previsto della pulizia devono essere indicati in modo chiaro e devono essere forniti elementi di prova dell'efficacia iniziale e continua del processo di pulizia. Anche il rapporto costo-efficacia deve essere considerato, soprattutto se l'obiettivo è quello di migliorare l'aria di scarico di più di una classe. L'aria di scarico di classe EHA 1 non può essere raggiunto con la pulizia.

Category	Description
ETA 1, SET 1 EHA 1, SEH 1	Air with low pollution level
	Air from rooms where the main emission sources are the building materials and structures, and air from occupied rooms, where the main emission sources are human metabolism and building materials and structures. Rooms where smoking is allowed are excluded.
ETA 2, SET 2 EHA 2, SEH 2	Air with moderate pollution level
	Air from occupied rooms, which contains more impurities than category 1 from the same sources and/or also from human activities.
ETA 3, SET 3 EHA 3, SEH 3	Air with high pollution level
	Air from rooms where emitted moisture, processes, chemicals, tobacco smoke, etc. substantially reduce the quality of the air.
ETA 4, SET 4 EHA 4, SEH 4	Air with very high pollution level
	Air which contains odours and impurities in significantly higher concentrations than those allowed for indoor air in occupied zones.

Figura 3: classificazione aria estratta ed espulsa

16.6.5.2 La qualità dell'aria esterna

Pollutant	averaging time	guideline value 2008/50/Ec	guideline value WHO 2005
Gaseous components			
Sulfure dioxide SO ₂	10 min		500µg/m ³
Sulfure dioxide SO ₂	1 h	500µg/m ³ max 24 days exceeding	
Sulfure dioxide SO ₂	24 h	125µg/m ³ max 3 days exceeding	20µg/m ³
Ozone O ₃	8 h		100µg/m ³
Nitrogen dioxide NO ₂	1 year	40µg/m ³	40µg/m ³
Nitrogen dioxide NO ₂	1 h	200µg/m ³ max 18 days exceeding	200µg/m ³
Benzene	1 year	5µg/m ³	
Carbon monoxide CO	24 h	10mg/m ³	
Lead	1 year	0.5µg/m ³	
Particles			
Particulate Matter PM _{2,5}	24 h		25µg/m ³
Particulate Matter PM _{2,5}	1 year		10µg/m ³
Particulate Matter PM ₁₀	24 h	50µg/m ³ max 35 days exceeding	50µg/m ³
Particulate Matter PM ₁₀	1 year	40µg/m ³	20µg/m ³

Figura 4: qualità dell'aria esterna da UNI EN 16798-4

La classificazione dell'aria esterna è riportata nelle tabelle sotto. Queste categorie devono essere utilizzate per informare tutte le parti coinvolte sull'inquinamento esterno, sulla classificazione dell'aria di immissione e sulla necessaria filtrazione e pulizia dell'aria.

Classificazione dell'aria esterna (ODA) basata sulle particelle	
Categoria	Descrizione
ODA 1 (P)	Aria esterna che può essere solo temporaneamente polverosa (ad es. Polline)
ODA 2 (P)	Aria esterna con elevate concentrazioni di particolato
ODA 3 (P)	Aria esterna con particolato molto elevato

Classificazione dell'aria esterna (ODA) basata su inquinanti gassosi	
Categoria	Descrizione
ODA 1 (G)	Aria esterna che può essere solo temporaneamente inquinata
ODA 2 (G)	Aria esterna con inquinanti gassosi ad alta concentrazione
ODA 3 (G)	Aria esterna con altissime concentrazioni di inquinanti gassosi

16.6.5.3 La qualità dell'aria immessa

La qualità dell'aria di immissione per gli edifici soggetti a occupazione umana deve tener conto delle emissioni attese provenienti da fonti interne (metabolismo umano, attività e processi, materiali da costruzione, mobili) e dal sistema di ventilazione stesso per assicurare una corretta qualità dell'aria interna.

Nota: UNI EN 16798-1 fornisce maggiori indicazioni sull'utilizzo di "materiali a basso tenore" o "edifici a basso tenore di inquinamento".

Le quantità dell'aria esterna devono essere specificate nella progettazione del sistema. Se l'aria immessa contiene anche aria di ricircolo, questa deve essere annotata anche nella documentazione di progettazione. Solo l'estrazione dell'aria della categoria ETA1 può essere ricircolata in altre stanze. L'aria di estrazione della categoria ETA2 può essere ricircolata nella stessa stanza.

La categoria dell'aria immessa deve essere specificata come segue:

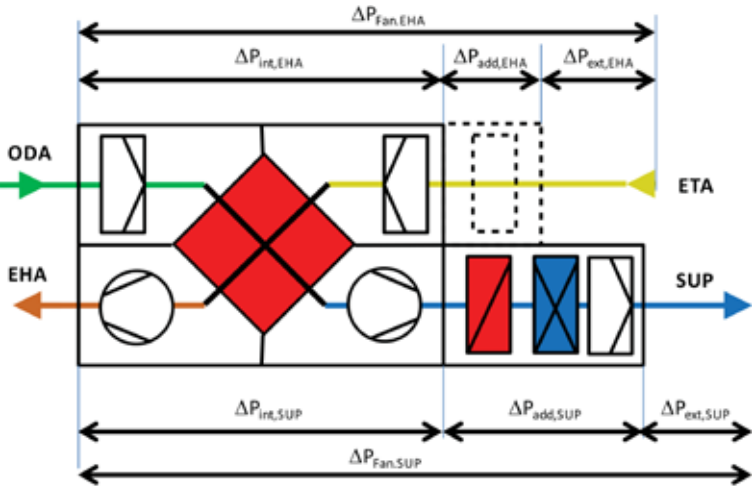
Categoria	Descrizione
SUP 1	• aria con concentrazione molto bassa di particolato/gas
SUP 2	• aria con basse concentrazioni di particolato/gas
SUP 3	• aria con concentrazioni medie di particolato/gas
SUP 4	• aria con elevate concentrazioni di particolato/gas
SUP 5	• aria con concentrazioni molto elevate di particolato/gas

La categoria dell'aria immessa, se approvata, dovrà essere specificata come segue:

Categoria	Descrizione
SUP 1 (G)	• aria con concentrazione molto bassa di GAS
SUP 2 (G)	• aria con basse concentrazioni di GAS
SUP 3 (G)	• aria con concentrazioni medie di GAS
SUP 4 (G)	• aria con elevate concentrazioni di GAS
SUP 5 (G)	• aria con concentrazioni molto elevate di GAS

Categoria	Descrizione
SUP 1 (P)	• aria con concentrazione molto bassa di particolato
SUP 2 (P)	• aria con basse concentrazioni di particolato
SUP 3 (P)	• aria con concentrazioni medie di particolato
SUP 4 (P)	• aria con elevate concentrazioni di particolato
SUP 5 (P)	• aria con concentrazioni molto elevate di particolato

Trattamento con recupero



Trattamento e ricircolo

(da 16798-4)

Table 11 - Re-use of extract air and use of transfer air

Category *	Comment concerning the possible re-use of the air
ETA 1	This air is suitable for recirculated and transfer air
ETA 2	This air is not suitable for recirculated air but it can be used for transfer air into toilets, wash rooms, garages and other similar spaces
ETA 3	This air is not suitable for recirculated or transfer air
ETA 4	This air is not suitable for recirculated or transfer air
* See table 4	

L'uso dell'aria di ricircolo all'interno dello stesso spazio è consentito nella categoria ETA 1 senza restrizioni e nella categoria ETA 2 a condizione che la qualità dell'aria ricircolata sia monitorata.

Quando non è consentito il riutilizzo dell'aria estratta, il progetto dovrebbe anche garantire che non vi sia ricircolo involontario.

Occorre prestare particolare attenzione all'ermeticità di qualsiasi sistema di recupero del calore. Gli scambiatori di calore rigenerativi non dovrebbero essere utilizzati in edifici ospedalieri negli ambienti destinati ad occupanti debilitati quali: camere operatorie, terapia intensiva, reparti infettivi negli ospedali.

Per evitare potenziali pericoli, la pressione del lato esterno dell'aria deve essere superiore al lato dell'aria espulsa quando la categoria di aria di scarico è ETA 3 o 4 o quando la categoria ETA espulsa è superiore rispetto alle camere che forniscono l'aria all'unità che sta servendo.

16.6.6 La filtrazione dell'aria

La filtrazione dell'aria esterna deve essere scelta per soddisfare i requisiti dell'aria interna dell'edificio richiesti in considerazione della categoria d'aria esterna presente (ODA).

Il dimensionamento delle sezioni del filtro dovrebbe essere il risultato di un'ottimizzazione, tenendo conto della situazione specifica (tempo di esecuzione, carico di polvere, situazione di inquinamento locale speciale, ecc.).

Per garantire una specifica qualità dell'aria interna, è richiesto un livello minimo di filtrazione. Nella tabella il livello minimo di filtrazione (ISO 16890) per garantire una adeguata qualità d'aria immessa (SUP) in sistemi con ventilazione meccanica è indicato in funzione della qualità dell'aria esterna (ODA (P)).

L'efficienza di filtrazione minima può essere ottenuta installando una filtrazione a stadio singolo o multiplo.

La seguente tabella mostra l'efficienza di filtrazione media combinata necessaria (EN ISO 16890) per andare da un livello ODA (P) a un livello di SUP desiderato:

Qualità aria esterna	Valori minimi di filtrazione per l'aria immessa (ISO 16890)				
	SUP 1 ePM1a	SUP 2 ePM1a	SUP 3 ePM2.5b	SUP 4 ePM10	SUP 5 ePM10
ODA 1 (P)	70%a	50%a	50%a	50%	50%
ODA 2 (P)	80%a	70%a	70%a	80%	50%
ODA 3 (P)	90%a	80%a	80%a	90%	80%
a il filtro finale deve avere un'efficienza di almeno ePM1 50% b il filtro finale deve avere un'efficienza di almeno ePM2,5 50%					

16.6.6.1 La filtrazione dei gas

Applicazione del filtro gas come complemento alla filtrazione delle particelle basata sulla qualità dell'aria esterna gassosa **(valori norma in revisione)**

Qualità aria esterna	SUP 1 (G)	SUP 2 (G)	SUP 3 (G)	SUP 4 (G)	SUP 5 (G)
ODA (G) 1	Raccomandato	-	-	-	-
ODA (G) 2	Richiesto	Raccomandato	-	-	-
ODA (G) 3	Richiesto	Richiesto	Raccomandato	-	-
G = filtrazione del gas; dovrebbe essere considerata se la categoria di qualità di progetto SUP è superiore alla qualità di ODA presente. Il dimensionamento deve essere eseguito in conformità con EN ISO 10121-1 e EN ISO 10121-2.					

Nei casi in cui è richiesto il livello dell'aria di immissione SUP 1 o 2 e dove la qualità dell'aria esterna è basata sui gas di livello ODA (G) 2 o ODA (G) 3 si consiglia di completare la filtrazione delle particelle con un'adeguata filtrazione in fase gas per ridurre i livelli nocivi di CO, NO_x, SO_x, VOC e O₃. Nel caso in cui la filtrazione dei gas, normalmente opzionale, sia da tenere in considerazione, in quanto i principali inquinanti in fase gassosa nell'aria esterna siano superiori ai limiti imposti, l'aria di immissione deve tenere conto della tabella sopra riportata.

Deve essere prestata particolare attenzione alla tenuta d'aria sia dell'edificio che delle unità di trattamento dell'aria (vedere EN 1886 per la perdita di bypass di filtro), soprattutto se vengono utilizzati filtri di classe ePM 1.

In situazioni con filtro unico e ventilatore azionato a cinghia, il filtro deve essere posizionato dopo il ventilatore. Con due o più sezioni filtranti, la prima sezione del filtro deve essere posizionata prima, la seconda dopo il trattamento dell'aria.

Si raccomanda di proteggere l'unità di ventilazione e l'apparecchiatura di ventilazione dalla polvere dell'aria esterna. Questo può essere fatto con uno stadio filtrante all'entrata dell'unità di ventilazione e può anche prolungare il tempo per la sostituzione del secondo filtro.

Particolare attenzione deve essere prestata all'influenza delle condizioni di pressione sui flussi dell'aria, che influenzano il consumo di energia elettrica. Per evitare di aumentare i costi di esercizio dell'installazione, i progettisti selezioneranno i filtri d'aria sulla valutazione del consumo totale di energia durante il tempo di funzionamento, utilizzando la metodologia di costo del ciclo di vita (LCC). I filtri opzionali per gas generalmente sono combinati con i filtri ePM1 a valle. È importante evitare che i filtri si bagnino; l'umidità relativa per un lungo periodo dovrebbe essere inferiore all'80%.

Nella categoria ODA 3 (regioni fortemente industrializzate, vicino agli aeroporti, ecc.) può essere necessario filtrare elettrostaticamente l'aria esterna. In caso di aria esterna temporaneamente inquinata, si raccomanda di dotare questi filtri con un bypass (dotato di filtri gassosi) e fornire un monitoraggio continuo della qualità dell'aria.

16.6.7 Allegato A normativo

Il modello di cui all'allegato A di questo standard deve essere utilizzato per specificare le scelte tra i metodi, i dati di input richiesti e riferimenti ad altri standard.

NOTA 1:

A seguito di questo modello non è sufficiente garantire la coerenza dei dati.

NOTA 2:

Le scelte predefinite informative sono fornite nell'allegato B. Valori alternativi e scelte possono essere imposte dalla normativa nazionale / regionale. Se i valori predefiniti e le scelte dell'allegato B non sono adottati a causa delle norme, delle politiche o delle tradizioni nazionali o regionali, si prevede che:

- le autorità nazionali o regionali elaborino schede informative contenenti valori e scelte nazionali o regionali, in linea con il modello di cui all'allegato A;
- per impostazione predefinita, l'organismo nazionale di standardizzazione aggiunti o includa un allegato nazionale (allegato NA) di questo standard, in linea con il modello di cui all'allegato A, che dà valori e scelte nazionali o regionali conformemente ai loro documenti legali.

NOTA 3:

Il modello di cui all'allegato A si applica a diverse applicazioni (ad esempio, la progettazione di un nuovo edificio, la certificazione di un nuovo edificio, la ristrutturazione di un edificio esistente e la certificazione di un edificio esistente) e per diversi tipi di edifici (ad es. piccoli o semplici edifici e grandi edifici complessi). Si potrebbe fare una distinzione nei valori e nelle scelte per diverse applicazioni o tipi di edifici:

- aggiungendo colonne o righe (una per ogni applicazione), se il modello consente;
- includendo più di una versione di una tabella (una per ogni applicazione), numerate consecutivamente, ad esempio: tabella NA.3a, tabella NA.3b.
- sviluppando differenti schede tecniche nazionali / regionali per lo stesso standard. Nel caso di un allegato nazionale della norma, questi saranno contrassegnati consecutivamente (allegato NA, allegato NB, allegato NC, ...).

NOTA 4:

Nella sezione "Introduzione" di una scheda dati nazionale / regionale possono essere aggiunte informazioni sulle norme nazionali / regionali applicabili.

NOTA 5:

Per alcuni valori di input acquisibili dall'utente, una scheda di dati che segue il modello dell'allegato A potrebbe contenere un riferimento alle procedure nazionali per la valutazione dei dati di input necessari. Ad esempio, riferimento a un protocollo di valutazione nazionale che comprende alberi decisionali, tabelle e pre-calcoli.

I campi ombreggiati nelle tabelle fanno parte del modello e, di conseguenza, non vengono aperti per l'inserimento.

16.6.8 Valutazione filtri in revisione norma
Appendice B (informativa)

Table B.3 - Recommended minimum filter classes per filter section (definition of filter classes according to EN ISO16890)

Outdoor air quality	Recommended minimum filtration classes for supply air				
	SUP 1 (P)	SUP 2 (P)	SUP 3 (P)	SUP 4 (P)	SUP 5 (P)
ODA 1 (P)	ePM10 50% ePM1 60%	ePM1 50%	ePM2,5 50%	ePM10 50%	ePM10 50%
ODA 2 (P)	ePM2,5 50% ePM1 60%	ePM10 50% ePM1 60%	ePM1 50%	ePM2,5 50%	ePM10 50%
ODA 3 (P)	ePM2,5 50% ePM1 80%	ePM2,5 50% ePM1 60%	ePM10 50% ePM1 60%	ePM1 50%	ePM2,5 50%

16.6.9 Esempi di concentrazioni degli Inquinanti in revisione norma

Appendice D (informativa)

Category	Factor	PM _{2,5} annual mean µg/m ³	PM ₁₀ annual mean µg/m ³	Description
ODA 1 (P)	≤ 1	≤ 10	≤ 20	Outdoor air, which may be only temporary dusty
ODA 2 (P)	≤ 1.5	≤ 15	≤ 30	Outdoor air, with high concentrations or particular matter
ODA 3 (P)	≤ 1.5	> 15	> 30	Outdoor air, with very high concentrations or particular matter

Category	PM _{2,5} annual mean µg/m ³	PM _{2,5} 24h mean µg/m ³	PM ₁₀ annual mean µg/m ³
SUP 1	≤ 2.5		≤ 5
SUP 2	≤ 5		≤ 10
SUP 3	≤ 7.5		≤ 15
SUP 4	≤ 10		≤ 20
SUP 5	≤ 15		≤ 30

Tabella esemplificativa dei limiti esterni
Guideline Values for outdoor air pollutant

Pollutant	averaging time	guideline value 2008/50/Ec	guideline value WHO 2005
Gaseous components			
Sulfure dioxide SO ₂	10 min mean		500µg/m ³
Sulfure dioxide SO ₂	1 h mean	350µg/m ³ max 24 days exceeding	
Sulfure dioxide SO ₂	24 h mean	125µg/m ³ max 3 days exceeding	20µg/m ³
Ozone O ₃	8 h mean		100µg/m ³
Nitrogen dioxide NO ₂	1 year mean	40µg/m ³	40µg/m ³
Nitrogen dioxide NO ₂	1 h	200µg/m ³ max 18 days exceeding	200µg/m ³
Particles			
Particulate Matter PM _{2,5}	24 h mean		25µg/m ³
Particulate Matter PM _{2,5}	1 year mean		10µg/m ³

Tabella esemplificativa dei limiti esterni
Guideline Values for outdoor air pollutant

Pollutant	averaging time	guideline value 2008/50/Ec	guideline value WHO 2005
Particulate Matter PM ₁₀	24 h mean	50µg/m ³ max 35 days exceeding	50µg/m ³
Particulate Matter PM ₁₀	1 year mean	40µg/m ³	20µg/m ³

16.7 Progetto di norma UNI (10339rev) dovrebbe sostituire la 10339:95 ed essere l'interpretazione italiana della EN 16798-1-3

(pr 2016 - stralcio inerente la qualità dell'aria)

16.7.1 Introduzione

La presente norma specifica la classificazione degli impianti aeraulici per la climatizzazione, indica le condizioni termoigrometriche e di qualità dell'aria da rispettare per ottenere le desiderate classi di qualità dell'ambiente interno, individua i metodi per la progettazione degli impianti ai fini del conseguimento del benessere termoigrometrico e della qualità dell'aria, definisce le caratteristiche dei sistemi e dei componenti aeraulici, definisce i criteri per l'ottenimento di un'elevata efficienza energetica e le procedure relative alla fornitura degli impianti.

16.7.2 Scopo e campo di applicazione

La presente norma si occupa degli impianti aeraulici per la climatizzazione destinati al benessere delle persone negli edifici.

La presente norma definisce:

- ☐ la classificazione degli impianti aeraulici di climatizzazione a servizio degli edifici e destinati a ottenere il benessere delle persone;
- ☐ la classificazione dei livelli di qualità dell'aria perseguibili mediante gli impianti di climatizzazione;
- ☐ i metodi prescrittivi e i metodi prestazionali per il progetto degli impianti, atti a garantire le classi di benessere termoigrometrico e di qualità dell'aria desiderate;
- ☐ le caratteristiche dei sistemi e dei componenti aeraulici;
- ☐ la promozione di soluzioni a elevata efficienza energetica che non compromettano le classi di benessere termoigrometrico e di qualità dell'aria desiderate;
- ☐ la definizione delle procedure relative alla richiesta d'offerta, all'offerta e alla fornitura degli impianti.

e, eventualmente, la funzione di ottenere una determinata classe di qualità dell'aria (elevata, media o bassa). La qualità dell'aria interna è correlata con le caratteristiche e con le concentrazioni dei contaminanti

in essa presenti, in quanto prodotti da sorgenti di contaminazione interne o in quanto entranti con l'aria esterna. Gli impianti aeraulici, per svolgere le funzioni relative alla qualità dell'aria interna, utilizzano la ventilazione meccanica e impiegano obbligatoriamente sia la diluizione (ricambio) con aria esterna, sia la filtrazione per la separazione e l'abbattimento di contaminanti.

Oltre alle suddette funzioni di ventilazione, relative alla qualità dell'aria, essi possono svolgere una o più delle seguenti funzioni: riscaldamento, raffrescamento, umidificazione, deumidificazione.

La presente norma si occupa di definire i valori delle portate di ventilazione, la tipologia e le prestazioni dei filtri e gli altri accorgimenti che consentono di ottenere una qualità dell'aria e, quando richiesto, un controllo delle condizioni termiche e igrometriche dell'ambiente interno che sia accettabile per le persone e che riduca gli effetti avversi per la salute delle persone. Il rispetto delle prescrizioni contenute nella presente norma non può garantire l'assenza di rischi per la salute, per uno o più dei seguenti motivi:

1. la particolarità delle sorgenti e dei contaminanti presenti nell'ambiente interno,
2. l'influenza dei fattori personali che possono modificare la percezione e l'accettazione delle condizioni ambientali, quali la temperatura, il rumore, lo stress psicologico;
3. la sensibilità delle persone;
4. le condizioni di qualità dell'aria esterna utilizzata per la ventilazione.

La presente norma si applica agli impianti aeraulici installati in edifici residenziali e non residenziali, esclusi quelli a destinazione industriale.

Sono esclusi dal campo di applicazione della presente norma:

- ☐ gli impianti di ventilazione che non svolgono sia la funzione di diluizione sia quella di filtrazione dell'aria;
- ☐ gli impianti di riscaldamento invernale e/o di raffrescamento estivo in ambienti privi di ventilazione meccanica o ibrida;
- ☐ gli impianti aeraulici in ambienti adibiti ad attività industriale e artigianale;
- ☐ gli impianti aeraulici in ambienti in cui sia consentita la presenza di fumatori, per i quali si rimanda alle disposizioni di legge e alle normative tecniche specifiche;
- ☐ gli impianti aeraulici per i blocchi operatori e in ambienti destinati a interventi chirurgici;
- ☐ gli impianti aeraulici destinati a scopi diversi dal benessere delle persone, quali, per esempio, quelli per la conservazione di manufatti e prodotti deteriorabili;
- ☐ gli impianti aeraulici in ambienti destinati alla conservazione delle opere d'arte.

Nota: gli impianti di ventilazione a semplice flusso in estrazione non provvedono normalmente alla filtrazione e in tal caso non rientrano nel campo di applicazione di questa norma. Per altro, essi possono svolgere una positiva funzione di diluizione dei contaminanti prodotti negli ambienti interni.

Questo effetto positivo deve essere valutato nello specifico contesto a fronte degli effetti negativi dovuti alla introduzione di contaminanti potenzialmente presenti nell'aria esterna. In assenza di norme specifiche si raccomanda di adottare anche per gli impianti di ventilazione a semplice flusso di estrazione le indicazioni circa le portate di diluizione di cui al Prospetto 14.

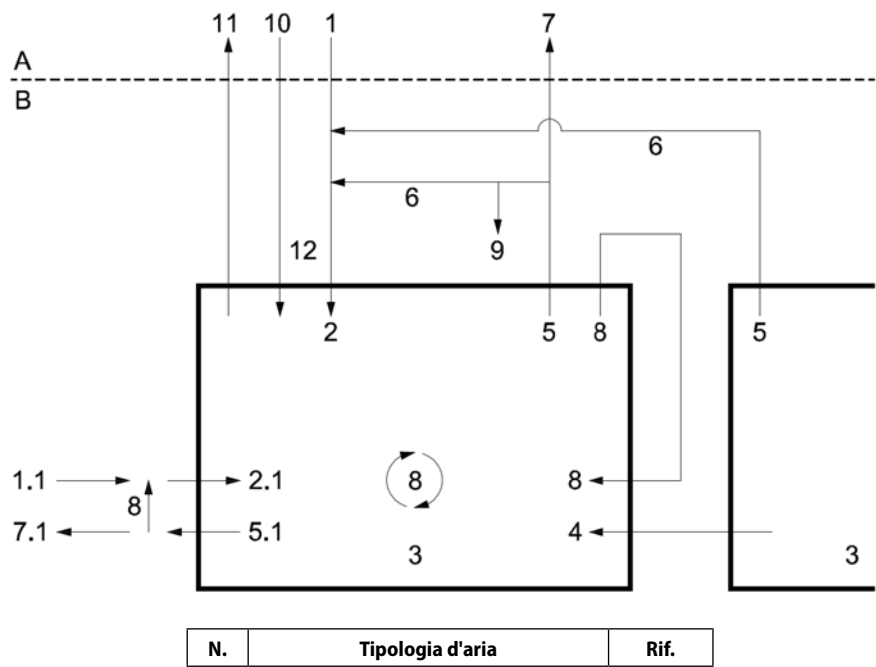
Nel corpo della presente norma, quando non diversamente specificato, con il termine “impianto” si indica l’impianto aeraulico per la climatizzazione.

La presente norma costituisce l’implementazione e la contestualizzazione a livello nazionale delle norme UNI EN 15251 e UNI EN 13779.

16.7.3 Tipologie di trattamenti dell’aria

In relazione alla localizzazione dei trattamenti dell’aria illustrata in Figura 1, gli impianti aeraulici possono essere classificati nel seguente modo:

- impianti con trattamento centralizzato dell’aria immessa ovvero impianti che utilizzano una o più unità centrali per il trattamento dell’aria esterna e dell’aria di ricircolo, quando prevista;
- impianti con trattamento centralizzato della sola aria esterna e trattamento in ambiente dell’aria secondaria;
- impianti con trattamento locale sia dell’aria primaria sia dell’aria secondaria.



1	Esterna	ODA
2	Immessa	SUP
3	Interna	IDA
4	Trasferita	TRA
5	Estratta	ETA
6	Ricircolata	RCA
7	Espulsa	EHA
8	Secondaria	SEC
9	di Trafilamento	LEA
10	Infiltrata	INF
11	Esfiltrata	EXF
12	Miscelata	MIA
1.1	Esterna oer singolo locale	SRO
2.1	Immessa per singolo locale	SRS
5.1	Estratta per singolo locale	SET
7.1	Espulsa per singolo locale	SEH
Nel caso di impianti misti con trattamento centralizzato della sola aria esterna, l'aria immessa viene detta aria primaria; negli stessi impianti l'aria trattata dai terminali locali viene detta aria secondaria.		

16.7.4 Tipologie degli impianti

Impianti con trattamento centralizzato dell'aria immessa, ovvero impianti che utilizzano una o più unità centrali per il trattamento dell'aria esterna e dell'aria di ricircolo, quando prevista

Questi impianti vengono anche detti impianti a tutt'aria e provvedono a svolgere tutte le funzioni loro assegnate esclusivamente mediante il trattamento e la distribuzione di aria agli ambienti serviti. Gli impianti a tutt'aria possono adottare una regolazione a portata costante oppure una regolazione mediante variazione di portata.

Impianto con trattamento centralizzato della sola aria esterna e trattamento in ambiente dell'aria secondaria

Questi impianti vengono anche detti impianti misti e provvedono a svolgere le loro funzioni sia mediante trattamento e distribuzione di aria esterna detta aria primaria, sia attraverso terminali che effettuano il trattamento dell'aria in ambiente, detta aria secondaria. I terminali in ambiente possono essere, tra gli altri i ventilconvettori, i pannelli radianti, le travi fredde, la batteria interna di un impianto VRV, gli induttori, e possono essere alimentati con acqua o con altro fluido.

16.7.5 Impianto con trattamento locale sia dell'aria primaria sia dell'aria secondaria

Questi impianti vengono anche detti impianti localizzati e provvedono al trattamento direttamente in ambiente sia dell'aria esterna sia dell'aria secondaria. Appartengono a questa categoria le unità di trattamento locale dell'aria con presa di aria esterna, i condizionatori autonomi con presa di aria esterna, i condizionatori da finestra con presa di aria esterna e i ventilconvettori con presa di aria esterna.

16.7.6 Benessere e qualità dell'ambiente indoor

Generalità

Nella presente norma si classificano i livelli di qualità ambientale con riferimento:

- al benessere termoigrometrico;
- alla qualità dell'aria interna;

viene inoltre raccomandato il rispetto di condizioni di benessere acustico.

Il benessere termoigrometrico

Si premette che:

- Il benessere termoigrometrico, anche detto benessere termico, è definito come quello stato psicofisico in cui il soggetto esprime soddisfazione nei riguardi del microclima, oppure come la condizione in cui il soggetto non ha né sensazione di caldo né sensazione di freddo;
- Si parla di benessere termico globale se ci si riferisce alla sensazione mediamente avvertita dal corpo umano e di disagio termico locale se si fa riferimento a situazioni in cui si verifica un indesiderato raffreddamento o riscaldamento locale del corpo. Le cause più comuni di disagio locale sono l'asimmetria della temperatura radiante (superfici calde o fredde), le correnti d'aria (definisce come il raffreddamento di una parte del corpo causato dal movimento dell'aria), la differenza verticale della temperatura dell'aria, i pavimenti freddi o caldi;
- La valutazione del benessere termico globale e del disagio termico locale è oggetto della norma UNI EN ISO 7730, che prescrive gli indici da utilizzare. Tali indici sono il Voto Medio Previsto (PMV) e la Percentuale Prevista di Insoddisfatti (PPD) per quanto riguarda il benessere termoigrometrico globale e la percentuale di insoddisfatti (PD) e il rischio da corrente d'aria (DR) per quanto riguarda il disagio termico locale. La stessa norma, nell'Appendice A (informativa), fornisce raccomandazioni sui requisiti da adottare per diverse categorie di ambiente e tipi di spazio
- La norma UNI EN 15251 riprende la UNI EN ISO 7730 con particolare attenzione alla progettazione degli edifici e dei sistemi di climatizzazione.

Nel Prospetto sottostante è riportata la classificazione della qualità dell'ambiente termoigrometrico interno in riferimento sia al benessere termico globale che al disagio termico locale, come riportato nell'Appendice A (informativa) della norma UNI EN ISO 7730. Si noti che la UNI EN 15251:2008 considera una quarta classe di qualità, caratterizzata da valori di PMV esterni all'intervallo $-0,7 < PMV < +0,7$.

I requisiti richiesti per garantire il benessere termico globale e per evitare il disagio termico locale devono essere mantenuti all'interno di tutto il volume convenzionale occupato. Qualora ciò non fosse possibile per motivi tecnici, il progettista deve definire il volume convenzionale occupato cui fa riferimento e indicarlo esplicitamente nella relazione tecnica.

In riferimento alla progettazione e alla verifica degli impianti di climatizzazione, vanno calcolati l'indice PMV e gli indicatori di disagio termico locale; in particolare, hanno grande importanza la percentuale di insoddisfatti da asimmetria della temperatura radiante e il rischio da corrente d'aria. Si ricorda che l'indice PMV dipende da due grandezze che riguardano il soggetto (metabolismo energetico e isolamento termico dell'abbigliamento) e da quattro grandezze ambientali locali (temperatura, umidità e velocità dell'aria e temperatura media radiante). Il progetto deve tener conto dell'influenza del metabolismo energetico sulle condizioni di benessere termoigrometrico, per cui, oltre alla destinazione d'uso, deve essere definito il tipo di attività prevalente previsto nei singoli ambienti. Inoltre, considerato che i valori del PMV possono variare puntualmente nell'ambiente, soprattutto in funzione della distanza della postazione considerata da superfici trasparenti, il progetto deve valutare la distribuzione spaziale del PMV nell'ambiente analizzato.

Ai fini del calcolo del PMV, e comunque nella progettazione, si può fare riferimento al valore della temperatura operativa, t_o , purché questa sia calcolata con l'equazione sotto:

$t_o = \frac{h_r \cdot t_r + h_c \cdot t_a}{h_r + h_c}$	dove: h_r coefficiente di scambio termico radiativo; h_c coefficiente di scambio termico convettivo; t_r temperatura media radiante; t_a temperatura dell'aria;

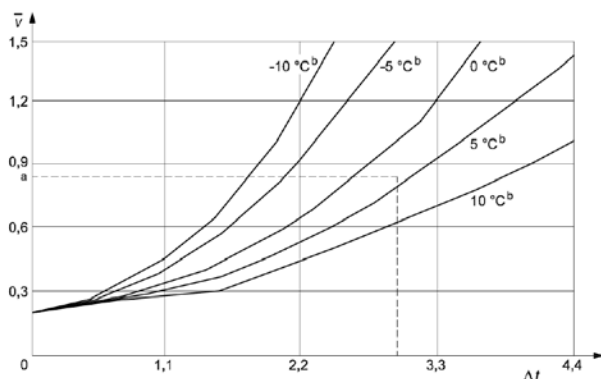
Classificazione della qualità dell'ambiente termico

Classe di qualità dell'ambiente termico	Corrispondenza con la UNI EN ISO 7730	Benessere termoigrometrico globale ¹			Disagio termico locale		
		PPD [%]	Voto medio previsto PMV	Rischio da corrente d'aria DR [%]	Differenza verticale di temperatura dell'aria PD [%]	Pavimenti freddi o caldi PD [%]	Asimmetria della temperatura radiante PD [%]
Elevata	A	< 6	-0,2 < PMV < +0,2	< 10	< 3	< 10	< 5
Media	B	< 10	-0,5 < PMV < +0,5	< 20	< 5	< 10	< 5
Bassa	C	< 15	-0,7 < PMV < +0,7	< 30	< 10	< 15	< 10

¹ tale classificazione è ripresa dalla UNI EN 15251:2008 che introduce una quarta classe (PMV < -0,7 o PMV > +0,7) nella quale rientrano gli ambienti che possono essere occupati solo per brevi periodi dell'anno.

Nella stagione estiva il valore della temperatura dell'aria può superare quello previsto per la classe desiderata, purché ci sia un sistema per il controllo locale della velocità dell'aria conformemente a quanto suggerito dalla norma UNI EN ISO 7730. In figura è riportato il diagramma che permette di valutare la relazione tra l'incremento del valore della temperatura dell'aria consentito nella stagione estiva e il valore della velocità dell'aria. Il diagramma è applicabile esclusivamente per attività sedentarie ($M = 1,1 \div 1,3$ met), utilizzando come valori di riferimento per la temperatura dell'aria 26°C e per la velocità dell'aria 0,2 m/s.

Relazione tra il valore dell'incremento della temperatura dell'aria, Δt , consentito nella stagione estiva e il valore della velocità dell'aria, v . Per attività sedentarie deve essere $\Delta t < 3^\circ\text{C}$ e $v < 0,82$ m/s. I valori riportati sulle curve rappresentano la differenza tra la temperatura media radiante e la temperatura dell'aria



16.7.7 Qualità dell'aria

La qualità dell'aria interna, nel seguito anche detta semplicemente qualità dell'aria o IAQ, influenza il benessere e la salute delle persone, oltre che condizionare la conservazione di beni e materiali. La qualità dell'aria interna è connessa con le caratteristiche e con le concentrazioni dei contaminanti presenti negli ambienti, prodotti da sorgenti interne o contenuti nell'aria esterna entrante. La ventilazione modifica la qualità dell'aria interna mediante il meccanismo di diluizione con aria esterna e tramite l'impiego di filtri e altri sistemi di filtrazione o eliminazione dei contaminanti. Nei punti successivi sono riportate le classi di qualità dell'aria interna, esterna, estratta, espulsa e immessa.

Classificazione della qualità dell'aria interna

Nella presente norma per la classificazione della qualità dell'aria interna vengono adottate tre classi di qualità (Elevata, Media e Bassa), come riportato nel seguente prospetto, nel quale è anche indicata la corrispondenza tra tali classi e quelle previste nella norma UNI EN 13779, rispetto alla quale vengono considerate accettabili solo le categorie da IDA 1 a IDA 3.

Classificazione della qualità dell'aria interna adottata nella presente norma e corrispondenza con quella della UNI EN 13779

Classe di qualità dell'aria interna	Corrispondenza con la UNI EN 13779
Elevata	IDA1
Media	IDA2
Bassa	IDA3
—*	IDA4
* nella presente norma si raccomanda il raggiungimento di una delle categorie di qualità dell'aria interna comprese tra elevata e bassa. La classe IDA 4, pur prevista nella UNI EN 13779, non viene considerata accettabile per il raggiungimento degli scopi previsti dalla presente norma.	

Classificazione della qualità dell'aria esterna

La qualità dell'aria interna è influenzata anche dalla qualità dell'aria esterna per la quale nella presente norma si adottano tre classi di qualità: *Elevata*, *Media* e *Bassa*. Nel Prospetto seguente è riportata la corrispondenza tra le classi adottate e quelle utilizzate nella norma UNI EN 13779.

Classificazione della qualità dell'aria esterna adottata nella presente norma e corrispondenza con quella della UNI EN 13779

Classe di qualità dell'aria esterna	Corrispondenza con la UNI EN 13779
Elevata	ODA1
Media	ODA2
Bassa	ODA3

Per l'attribuzione della classe della qualità dell'aria esterna si ricorre alle mappe del territorio che riportano la suddivisione in zone a elevata qualità dell'aria (zone di mantenimento), a media qualità dell'aria (zone di risanamento) o a bassa qualità dell'aria (zone di azione), oppure si fa riferimento al metodo descritto in Appendice A (informativa) al paragrafo A.2.

Classificazione della qualità dell'aria estratta e di quella dell'aria espulsa

La presente norma adotta la classificazione dell'aria estratta e dell'aria espulsa riportata nel Prospetto sotto. Le classi dell'aria estratta sono riferite alle condizioni a monte di qualsiasi trattamento, mentre quelle dell'aria espulsa sono riferite alle condizioni a valle di qualsiasi trattamento eventualmente previsto. Nel caso in cui l'aria estratta sia il risultato della miscelazione di portate di aria estratta caratterizzate da diversa classe di qualità, il flusso complessivo viene classificato come quello di qualità inferiore.

Classificazione della qualità dell'aria estratta o espulsa, corrispondenza con quella della UNI EN 13779 e descrizione delle classi. Le classi dell'aria estratta sono riferite alle condizioni a monte di qualsiasi trattamento, quelle dell'aria espulsa sono riferite alle condizioni a valle di qualsiasi trattamento eventualmente previsto.

Classe di qualità dell'aria estratta o espulsa	Corrispondenza con la UNI EN 13779	Descrizione
Elevata	EHA 1 ETA 1	Aria di elevata qualità in quanto proveniente da locali nei quali si utilizzano materiali di costruzione, di finitura e di arredo caratterizzati da tassi di emissione molto bassi.
Media	EHA 2 ETA 2	Aria di media qualità in quanto proveniente da locali nei quali si utilizzano materiali di costruzione, di finitura e di arredo caratterizzati da tassi di emissione bassi, come definiti nella norma UNI EN 15251, e nei quali le persone emettono contaminanti prodotti esclusivamente dalle funzioni metaboliche.
Bassa	EHA 3 ETA 3	Aria proveniente da locali nei quali si utilizzano materiali di costruzione, di finitura e di arredo, caratterizzati da tassi di emissione maggiori rispetto a quelli definiti nella norma UNI EN 15251 e nei quali sono presenti attività e processi che comportano emissioni aggiuntive rispetto a quelle derivanti dalle funzioni metaboliche.
Molto bassa	EHA 4 ETA 4	Aria di qualità molto bassa in quanto contenente contaminanti in concentrazioni più elevate di quelle ammesse dalle normative vigenti relative alla qualità dell'aria interna e, in assenza di tali normative, di quelle ammesse dalle normative vigenti per la qualità dell'aria esterna.

16.7.8 Il benessere acustico

Nella progettazione impiantistica vanno rispettati i vincoli relativi alla qualità acustica dell'ambiente e degli impianti, per i quali si rimanda alla legislazione e alla normativa tecnica vigente. Il progettista deve specificare i livelli di potenza acustica delle diverse apparecchiature (per esempio: refrigeratori d'acqua, ventilconvettori, terminali di distribuzione dell'aria, unità di trattamento dell'aria) richiedendo che i dati siano documentati dai costruttori secondo procedure certificate. Devono essere specificati i livelli di pressione sonora, espressi in dB(A), da conseguire nei diversi locali in conseguenza del funzionamento degli impianti ai fini del collaudo, secondo la normativa vigente. Eventuali valori diversi da quelli prescritti dalla normativa vigente devono essere motivati dal progettista, tenendo conto che valori inferiori implicano generalmente maggiori oneri d'impianto, mentre valori superiori possono implicare una riduzione del comfort acustico negli ambienti. Fermo restando che la prestazione acustica globale dell'impianto deve essere verificata facendo riferimento alla normativa vigente e che tale prestazione può risultare da diverse combinazioni di prestazioni parziali di apparecchiature e materiali (potenza sonora del ventilatore e sua attenuazione), il progettista deve verificare la compatibilità prestazionale e dimensionale del progetto con i fini proposti, specificando eventuali prestazioni minime, ma non esaustive, dei singoli componenti, quali ventilatori, attenuatori acustici e condotti aeraulici, supporti antivibranti, ventilconvettori, diffusori d'aria.

Tale verifica deve essere riportata nella documentazione progettuale.

Nota: all'atto della pubblicazione della presente norma si deve fare riferimento alla norma UNI 8199.

Poiché il rumore indotto dal funzionamento di un impianto negli ambienti serviti e in ambienti terzi può essere dovuto anche al rumore che si propaga attraverso le strutture edilizie (per esempio pareti di vani tecnici, solai o controsoffitti) il progettista deve:

- ☐ acquisire o valutare l'entità della potenza acustica irradiata dall'involucro di macchine (quali unità di trattamento dell'aria, unità termoventilanti o simili) e dagli altri componenti (quali condotti aeraulici);
- ☐ acquisire o valutare le prestazioni acustiche delle strutture edilizie, eventualmente segnalando agli specifici progettisti o al committente particolari esigenze in merito;
- ☐ verificare che il livello di rumore indotto sia compatibile con i fini proposti.

Nei documenti contrattuali deve essere chiaramente specificato che le prestazioni acustiche dei componenti forniti devono essere documentate da procedure certificate secondo le rispettive norme.

16.7.9 Temperatura operativa interna di progetto

Nel prospetto sono riportati i valori di temperatura operativa da assumere in fase di progetto ai fini del dimensionamento degli impianti e per le diverse classi di qualità dell'ambiente termoigrometrico per tre valori di metabolismo energetico (1,2, 1,4, 1,6 met).

Nota: in regime invernale il sistema di regolazione automatica, in accordo con le esigenze di benessere e di efficienza energetica, potrà determinare valori di temperatura operativa inferiori a quelli minimi di progetto. Simmetricamente, in regime estivo, il sistema di regolazione automatica potrà determinare valori di temperatura operativa più elevati di quelli massimi di progetto riportati nel Prospetto.

Temperatura operativa di progetto ai fini del dimensionamento dell'impianto

Metabolismo energetico	Classe di qualità dell'ambiente termico					
	Classe Elevata		Classe Media		Classe Bassa	
	Temperatura operativa minima di progetto invernale [°C]	Temperatura operativa massima di progetto estiva [°C]	Temperatura operativa minima di progetto invernale [°C]	Temperatura operativa massima di progetto estiva [°C]	Temperatura operativa minima di progetto invernale [°C]	Temperatura operativa massima di progetto estiva [°C]
1,2 met - attività sedentaria, seduti (p. e. ufficio, abitazione, scuola laboratorio)	21	25,5	20	26	19	27
1,4 met - attività sedentaria, in piedi (p. e. scuole materne)	19	24,5	18	25,5	17	26
1,6 met - in piedi, attività leggera (p. e. centri commerciali, grandi magazzini)	18	24	17	25	16	26
Nota: nel fissare le condizioni di dimensionamento degli apparati si assume che l'isolamento termico dell'abbigliamento dinamico sia pari in regime invernale a 0,156 m²K/W (ovvero 1 clo e in regime estivo a 0,078 m²K/W ovvero 0,5 clo); gli occupanti devono trovarsi in equilibrio termico con l'ambiente (ovvero devono essere esposti all'ambiente in questione per un periodo di permanenza maggiore di 15 min.).						

16.7.10 Umidità relativa interna di progetto

Nel prospetto seguente sono riportati i valori di umidità relativa dell'aria interna da assumere in fase di progetto per il dimensionamento degli impianti, per le diverse classi di qualità dell'ambiente termoigrometrico.

Nota: in regime invernale il sistema di regolazione automatica, in accordo con le esigenze di benessere e di efficienza energetica, potrà determinare valori di umidità relativa inferiori a quelli minimi di progetto. Simmetricamente, in regime estivo il sistema di regolazione automatica potrà determinare valori di umidità relativa più elevati di quelli massimi di progetto riportati nel prospetto.

16.7.11 Umidità relativa interna di progetto ai fini del dimensionamento dell'impianto

Classe di qualità dell'ambiente termoigrometrico					
Classe Elevata		Classe Media		Classe Bassa	
Umidità relativa minima di progetto invernale	Umidità relativa massima di progetto estiva	Umidità relativa minima di progetto invernale	Umidità relativa massima di progetto estiva	Umidità relativa minima di progetto invernale	Umidità relativa massima di progetto estiva
45%	55%	40%	60%	35%	65%

L'umidificazione va adottata in ogni caso per evitare che l'umidità relativa scenda sotto il valore accettabile pari al 30% e la deumidificazione va adottata in ogni caso per evitare che l'umidità relativa salga al di sopra del valore accettabile pari al 70%. Tali soglie di accettabilità sono dettate dall'esigenza di tutelare la salute in riferimento a reazioni fisiologiche, quali la secchezza della cute, l'irritazione degli occhi e delle prime vie aeree, e dall'esigenza di evitare la proliferazione di contaminanti biologici.

16.7.12 Velocità dell'aria interna di progetto

I valori di velocità dell'aria all'interno del volume convenzionale occupato ammessi per le diverse tipologie di ambienti sono riportati nel prospetto che segue.

Nella progettazione degli impianti aeraulici adeguata attenzione deve essere posta nella selezione, nel dimensionamento e nel posizionamento dei terminali di diffusione dell'aria, onde evitare combinazioni di temperatura e velocità dell'aria tali da compromettere localmente la percezione di benessere.

Velocità dell'aria nel volume convenzionale occupato

Categoria dell'edificio	Velocità dell'aria V_a [m s ⁻¹]	
	Riscaldamento	Raffrescamento
EDIFICI ADIBITI A RESIDENZA E ASSIMILABILI - Abitazioni civili, collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi, alberghi, pensioni	da 0,05 a 0,15	da 0,05 a 0,20
EDIFICI PER UFFICI E ASSIMILABILI - Uffici in genere, locali riunione	da 0,05 a 0,15	da 0,05 a 0,20
OSPEDALI, CLINICHE, CASE DI CURA E ASSIMILABILI - Degenze, corsie, visita medica, soggiorni	da 0,05 a 0,15	da 0,05 a 0,20
EDIFICI ADIBITI AD ATTIVITÀ RICREATIVE, ASSOCIATIVE, DI CULTO - Cinematografi, teatri, sale congressi - Musei, biblioteche - Luoghi di culto - Bar, ristoranti - Sale da ballo - Cucine ristoranti	da 0,05 a 0,15 da 0,05 a 0,15 da 0,10 a 0,20 da 0,10 a 0,15 da 0,15 a 0,25 da 0,15 a 0,30	da 0,05 a 0,20 da 0,05 a 0,20 da 0,10 a 0,20 da 0,10 a 0,20 da 0,15 a 0,25 da 0,20 a 0,40
ATTIVITÀ COMMERCIALI E ASSIMILABILI - Grandi magazzini, negozi in genere, zona pubblica banche - Quartieri fieristici	da 0,05 a 0,15 da 0,10 a 0,20	da 0,05 a 0,20 da 0,10 a 0,20
EDIFICI ADIBITI AD ATTIVITÀ SPORTIVA - Piscine - Palestre e assimilabili	≤ 0,10 da 0,15 a 0,25	≤ 0,10 da 0,15 a 0,25
EDIFICI ADIBITI AD ATTIVITÀ SCOLASTICHE - Scuole materne ed elementari - Aule di istituti medie superiori - Altri locali	≤ 0,10 da 0,05 a 0,15 da 0,05 a 0,15	≤ 0,10 da 0,05 a 0,20 da 0,05 a 0,20

16.7.13 Metodo prescrittivo e metodo prestazionale per l'ottenimento della qualità dell'aria interna

Generalità

Per controllo della qualità dell'aria interna si intende il controllo della concentrazione dei contaminanti di origine interna ed esterna e dei valori di umidità relativa negli ambienti occupati.

Il soddisfacimento delle esigenze di benessere e di tutela della salute delle persone in riferimento alla qualità dell'aria interna si basa sull'adozione di opportune portate di diluizione e sull'utilizzo di idonei sistemi di filtrazione.

Può essere perseguito attraverso l'applicazione di un metodo prescrittivo oppure di un metodo prestazionale. La scelta tra i due metodi è discrezionale e lasciata all'accordo tra committente e progettista e va riportata nella relazione tecnica.

La scelta del metodo prestazionale può essere motivata da:

- Condizioni di contaminazione (tipo di sorgenti, tasso delle emissioni di contaminanti, esigenze di protezione delle persone) che si discostano da quelle utilizzate come riferimento per fissare nel metodo prescrittivo i valori della portata di aria esterna e la tipologia e le prestazioni

del sistema di filtrazione da adottare

- Esigenze di efficienza energetica che portano ad adottare sensori o altri sistemi di valutazione della qualità dell'aria interna in base ai quali viene regolato il funzionamento dell'impianto.

In alternativa si applica il metodo prescrittivo che definisce:

- Un valore di portata di aria esterna (o per alcuni tipi di locali di portata di aria di estrazione) pari o maggiore rispetto ai valori minimi determinati in funzione della desiderata classe di qualità dell'aria interna, della destinazione d'uso, dell'affollamento previsto dei locali e della superficie in pianta di questi ultimi. Le portate minime devono essere determinate anche in relazione con la soluzione adottata per la diffusione dell'aria in ambiente e con i conseguenti valori di efficienza convenzionale di ventilazione;
- L'adozione di livelli di filtrazione dell'aria in relazione con la classe di qualità dell'aria esterna, con la classe desiderata di qualità dell'aria interna e, eventualmente, con la classe di qualità dell'aria di ricircolo;
- Il controllo dell'umidità relativa dell'aria interna e della velocità dell'aria nel volume convenzionale occupato secondo quanto previsto.

Nota: per ciascuna classe di qualità dell'aria interna secondo i metodi prescrittivo e prestazionale, i valori minimi di portata di aria esterna vanno garantiti anche nelle condizioni più gravose, ovvero quando sono massime le perdite di carico previste nei filtri in relazione con il loro intasamento in accordo con le norme UNI EN 779 e UNI 11254. Al fine di evitare inefficienze energetiche e insoddisfazione nei confronti della qualità dell'aria e delle condizioni termoigrometriche, ove possibile, si raccomanda l'adozione di sistemi automatici di regolazione della portata al variare delle perdite di carico del circuito aerulico.

Metodo prescrittivo per l'ottenimento della qualità dell'aria interna

La portata di aria esterna nominale ($Q_{v,o,n}$) da immettere in ambiente deve essere calcolata in base alla seguente formula:

$$Q_{v,o,n} = n \cdot q_{v,o,p} + A \cdot q_{v,o,s}$$

Dove:

$Q_{v,o,n}$ portata volumica di aria esterna nominale, espressa in $10^{-3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$;

n affollamento di riferimento, ovvero numero di persone previste a progetto o calcolate mediante l'indice di affollamento per unità di superficie, ns espressa in m^2 , con l'equazione:

$$n = (ns \cdot A)$$

$q_{v,o,p}$ portata volumica di aria esterna minima per persona, espressa in $10^{-3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ persona}^{-1}$;

A area della superficie del locale in pianta, espressa in m^2 ;

$q_{v,o,s}$ portata volumica di aria esterna minima per unità di superficie espressa in $\text{m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ m}^2$.

I valori degli indici di affollamento per unità di superficie, ns , sono quelli riportati nel Prospetto sotto. Tali valori possono essere variati solo in conseguenza di atti autorizzativi in merito rilasciati dalle autorità competenti, quali VV.F. e ASL. Gli indici di affollamento sono fissati unicamente per i locali

in cui sia prevista la permanenza di persone.

Non vengono quindi definiti per locali di transito, corridoi, locali di servizi, ecc. I valori di portata volumica di aria esterna minima per persona, $q_{v,o,p}$ e di portata volumica di aria esterna minima per unità di superficie, $q_{v,o,s}$ sono indicati nel Prospetto 14, in relazione con tipologia e destinazione d'uso degli ambienti e con le classi di qualità dell'aria interna. I valori riportati nel Prospetto sotto rappresentano i valori di portata volumica di aria esterna nominale, non derogabili nell'ambito del metodo prescrittivo, rimanendo aperta la possibilità di ricorrere al metodo prestazionale e di giustificare in questo ambito valori di portata di aria esterna diversi da quelli indicati.

La portata volumica di aria esterna nominale, $Q_{v,o,n}$ deve essere corretta per determinare la portata volumica di aria esterna $Q_{v,o}$ da immettere in ambiente tenendo conto dell'efficienza convenzionale di ventilazione, di cui al paragrafo 8.5.1, dell'effetto della presenza di impianti misti e dell'altezza sul livello del mare:

$$Q_{v,o} = Q_{v,o,n} \cdot \left(\frac{\epsilon_{V,n}}{\epsilon_{V,c}} \right) \cdot C_1 \cdot C_2$$

dove

$Q_{v,o}$ portata volumica minima di aria esterna di progetto che tiene conto della distribuzione dell'aria in ambiente, espressa in $10^{-3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$;

$Q_{v,o,n}$ portata volumica nominale di aria esterna espressa in $10^{-3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$;

$\epsilon_{V,n}$ efficienza nominale di ventilazione, pari a 0,8;

$\epsilon_{V,c}$ efficienza convenzionale di ventilazione;

C_1 coefficiente correttivo per l'effetto della presenza di impianti misti;

C_2 coefficiente correttivo per l'effetto dell'altitudine della località.

L'Equazione sopra non si applica nel caso di estrazione, cioè per quelle tipologie di locali, per esempio cucine e bagni, per i quali viene prescritta l'adozione di una portata minima di aria di estrazione, indicata nel Prospetto sottostante.

In riferimento al prospetto, occorre tener presente che:

1. Il progettista deve verificare il rispetto dei valori previsti da leggi e regolamenti aventi vigore di legge.
2. Le portate volumiche di aria di esterna minime indicate nel prospetto non prevedono la presenza di fumatori nei locali serviti dall'impianto.
3. Per le categorie non presenti nel Prospetto, si adotta il valore indicato per gli ambienti assimilabili.
4. L'indicazione "estrazioni" contraddistingue quei locali che devono essere mantenuti in depressio-

ne e da cui deve essere in ogni caso estratta la portata indicata nel Prospetto qualunque sia la condizione di funzionamento dell'impianto di climatizzazione.

5. Quando l'estrazione svolga anche il compito di espulsione per le portate di aria di rinnovo immesse negli altri ambienti, il progettista deve verificare che la portata di immissione di progetto garantisca il mantenimento della qualità dell'aria desiderata in ambiente e quello delle differenze di pressione di progetto.
6. Le espulsioni da bagni e/o cucine non devono essere miscelate con quelle dell'impianto di climatizzazione, fatta salva la possibilità già descritta di estrarre l'aria dell'impianto di climatizzazione attraverso tali ambienti.
7. Durante le fasi di avviamento dell'impianto prima della normale occupazione e utilizzazione dei locali, per esigenze di risparmio energetico ed economico, le portate di aria esterna possono essere ridotte ed eventualmente può essere ammesso un funzionamento a parziale/totale ricircolo.

Nel caso in cui, per considerazioni di efficienza energetica, si vogliano adottare impianti aeraulici a portata variabile in relazione con la occupazione dei locali che adottino sensori di qualità dell'aria è necessario giustificare il dimensionamento e le scelte effettuate in base al metodo prestazionale.

Indice di affollamento per unità di superficie per diverse destinazioni d'uso degli edifici e degli ambienti

Destinazione d'uso dell'edificio e dell'ambiente	Indice di affollamento per unità di superficie, n_s [m ⁻²]
RESIDENZE E ASSIMILABILI • residenze a carattere continuativo • abitazioni civili: (valore riferito alla superficie dell'interno alloggio) • collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi: • sale riunioni • dormitori/camere	A 0,6 0,1
RESIDENZE OCCUPATE SALTUARIAMENTE • vale quanto prescritto per le residenze a carattere continuativo	
ALBERGHIE PENSIONI, ecc • ingresso, soggiorni • sale conferenze/auditori (piccoli) • sale da pranzo • camere da letto	0,2 0,6 0,6 0,1
UFFICI E ASSIMILABILI • uffici singoli • uffici open space • call-Center/Centro inserimento • locali riunione	0,1 0,12 0,4 0,6
OSPEDALI, CLINICHE, CASE DI CURA E ASSIMILABILI • degenze (2 - 3 letti) • corsie • camere per infettivi • camere per immunodepressi • sale mediche • soggiorni • terapie fisiche • diagnostiche	0,1 0,1 0,08 0,08 0,1 0,4 0,2 0,1
ATTIVITÀ RICREATIVE, ASSOCIATIVE, DI CULTO E ASSIMILABILI CINEMA, TEATRI, SALE PER CONGRESSI • atri, sale d'attesa, zona bar annessa • platee, loggioni, sale cinematografiche, sale teatrali, sale per riunioni • sale scommesse	0,3 0,7 0,4
MOSTRE, MUSEI, BIBLIOTECHE, LUOGHI DI CULTO • sale mostre pinacoteche, musei • sale lettura biblioteche • luoghi di culto	0,4 0,3 0,7
BAR, RISTORANTI, SALE DA BALLO • bar, pasticcerie, self-service • ristoranti • sale da ballo, discoteche	0,8 0,6 0,7
ATTIVITÀ COMMERCIALI E ASSIMILABILI • grandi magazzini - piano interrato • negozi o reparti di grandi magazzini • barbieri, saloni bellezza • abbigliamento, calzature, mobili, ottici, fioristi, fotografi • alimentari, farmacie • lavasecco • zone pubblico banche, quartieri fieristici	0,2 0,2 0,2 0,2 0,2 0,1 0,2

Destinazione d'uso dell'edificio e dell'ambiente	Indice di affollamento per unità di superficie, n_s [m ²]
EDIFICI ADIBITI AD ATTIVITÀ SPORTIVA, PISCINE, SAUNE E ASSIMILABILI	
• piscine (sala vasca)	0,5
• spogliatoi	0,2
PALESTRE E ASSIMILABILI	
• palazzetti sportivi (campi da gioco)	0,25
• zonespettatori in piedi	0,7
• zone spettatori seduti	0,7
• spogliatoi atleti	0,2
EDIFICI ADIBITI AD ATTIVITÀ SCOLASTICHE ASSIMILABILI	
• asili nido e scuole materne (scuole dell'infanzia)	0,42
• aule scuole elementari (primarie di primo grado)	0,55
• aule scuole medie inferiori (primarie di secondo grado)	0,55
• aule scuole medie superiori (secondarie di secondo grado)	0,51
• aule universitarie	0,5
• servizi	
• biblioteche, sale lettura	0,3
• aule musica e lingue	0,2
• laboratori chimici/biologici	
• laboratori	0,5
• sale insegnanti	0,7
Nota: L'affollamento di riferimento per le residenze è definito in numero pari a 2 persone per i monolocali e per gli appartamenti con un a camera da letto. Per ogni camera da letto aggiuntiva se la superficie in pianta è inferiore a 14 m ² si considera una persona e se invece la superficie è superiore o uguale a 14 m ² si considerano 2 persone.	

Valori di portata di aria volumica di aria esterna nominale

Destinazione d'uso dell'edificio e dell'ambiente	Portata per persona $q_{v,o,p}$ [10 ⁻³ m ³ s ⁻¹ per persona]			Portata per superficie $q_{v,o,p}$ [10 ⁻³ m ³ s ⁻¹ m ⁻²]			Portata di estrazione $q_{v,o,p}$ [10 ⁻³ m ³ s ⁻¹] [h ⁻¹]		Nota
	Elevata	Media	Bassa	Elevata	Media	Bassa			
RESIDENZE E ASSIMILABILI ^{1,2,3}									
residenze a carattere continuativo									
• abitazioni civili:									
• soggiorni, camere da letto e ogni altro locale esclusi cucine, bagni e locali di servizio	4,5	3,0	2,0	0,14	0,14				
• cucina	Estrazioni valori in funzionamento continuo: nel caso di impianto centralizzato, se la portata da estrarre, calcolata per bilanciare assieme alle altre estrazioni le portate totali immesse, è inferiore al valore specificato qui, dsi indica di installare un dispositivo (es. variatore di velocità del ventilatore, bocchette a doppia portata) che consenta di mantenere il valore specificato per tutto il periodo di utilizzazione dell'ambiente e per un successivo periodo non inferiore a 20 minuti.						13		a
	Estrazioni valori in funzionamento discontinuo: il valore indicato deve essere assicurato durante il periodo di utilizzo e per un periodo successivo non inferiore a 20 minuti.						30		a
• bagni	Estrazioni valori in funzionamento continuo: nel caso di impianto centralizzato, se la portata da estrarre, calcolata per bilanciare, assieme alle altre estrazioni le portate totali immesse, è inferiore al valore specificato qui, dsi indica di installare un dispositivo (es. variatore di velocità del ventilatore, bocchette a doppia portata) che mantenga il valore specificato per tutto il periodo di utilizzazione dell'ambiente e per un successivo periodo non inferiore a 20 minuti.						8		b
	Estrazioni valori in funzionamento discontinuo: il valore indicato deve essere assicurato durante il periodo di utilizzo e per un periodo successivo non inferiore a 20 minuti.						15		b
collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi									
• sale riunioni	8,75	7	5,25	0,75	0,6	0,45			
• dormitori/camere	8,75	7	5,25	0,5	0,4	0,3			
• cucine	Estrazioni in funzionamento continuo							8	a
	Estrazioni valori in funzionamento discontinuo							16	a
• bagni/servizi	Estrazioni in funzionamento continuo							8	b
	Estrazioni valori in funzionamento discontinuo							16	b
residenze occupate saltuariamente									
• Vale quanto prescritto per le residenze a carattere continuativo									
ALBERGHI E PENSIONI ¹									
• ingresso, soggiorni	8,75	7	5,25	1	0,8	0,6			
• sale conferenze/auditori (piccole)	8,75	7	5,25	0,38	0,3	0,23			
• sale da pranzo	8,75	7	5,25	1,25	1,0	0,75			
• camere da letto	8	6,5	4,75	0,7	0,6	0,4			
• cucine	Estrazioni in funzionamento continuo							8	a
	Estrazioni in funzionamento discontinuo							16	a

Destinazione d'uso dell'edificio e dell'ambiente	Portata per persona $q_{v,o,p}$ [10 ⁻³ m ³ s ⁻¹ per persona]			Portata per superficie $q_{v,o,p}$ [10 ⁻³ m ³ s ⁻¹ m ⁻²]			Portata di estrazione $q_{v,o,p}$ [10 ⁻³ m ³ s ⁻¹] [h ⁻¹]		Nota
	Elevata	Media	Bassa	Elevata	Media	Bassa			
• bagni/servizi	Estrazioni in funzionamento continuo							8	b
	Estrazioni in funzionamento discontinuo							16	b
UFFICI E ASSIMILABILI									
• uffici	8,5	7,5	5,5	0,5	0,4	0,3			
• uffici collettivi/multipli tipo open space	8,5	7	5	0,7	0,6	0,4			
• call-center/centro inserimento dati	8,5	7	5	0,8	0,7	0,5			
• locali riunione	8,5	7	5	0,7	0,6	0,4			
• locali stampanti/fotocopiatrici	Estrazione							5	
• bagni/servizi	Estrazioni in funzionamento continuo							8	b
	Estrazioni in funzionamento discontinuo							16	b
OSPEDALI, CLINICHE, CASE DI CURA E ASSIMILABILI									
• degenze (2-3 letti)	11,5	10	8,75	0,5	0,4	0,3			
• corsie	11,5	10	8,75	0,5	0,4	0,3			
• camere per infettivi									c
• camere per immunodepressi									d
• sale mediche	11,5	10	8,75	0,5	0,4	0,3			
• soggiorni	8,75	7	2,25	0,75	0,6	0,45			
• terapie fisiche	11,5	10	8,75	1	0,8	0,6			
• diagnostiche	11,5	10	8,75	0,5	0,4	0,3			
• sale operatorie/sale parto									e
• bagni/servizi	Estrazioni in funzionamento continuo							8	b
	Estrazioni in funzionamento discontinuo							16	b
ATTIVITÀ RICREATIVE, ASSOCIATIVE, DI CULTO E ASSIMILABILI									
cinema, teatri, sale per congressi									
• atri, sale attesa, zona bar annessa	Estrazione							8	
• platee, loggioni, aree per il pubblico, sale cinematografiche, sale teatrali, sale per riunion	8,75	7	5,25	0,5	0,4	0,3			
• bagni/servizi	Estrazioni in funzionamento continuo							8	b
	Estrazioni in funzionamento discontinuo							16	b
• sala giochi/scommesse	8,75	7	5,25	0,75	0,6	0,45			
mostre musei, biblioteche, luoghi di culto									
• sale mostre pinacoteche, musei	8,75	7	5,25	0,5	0,4	0,3			
• sale lettura biblioteche	8,75	7	5,25	0,63	0,5	0,38			
• deposito libri									
• luoghi di culto	8,75	7	5,25	0,5	0,4	0,3			
• bagni/servizi	Estrazioni in funzionamento continuo							8	b
	Estrazioni in funzionamento discontinuo							16	b
bar, ristoranti, sale da ballo									

Destinazione d'uso dell'edificio e dell'ambiente	Portata per persona $q_{v,o,p}$ [10 ⁻³ m ³ s ⁻¹ per persona]			Portata per superficie $q_{v,o,p}$ [10 ⁻³ m ³ s ⁻¹ m ⁻²]			Portata di estrazione $q_{v,o,p}$ [10 ⁻³ m ³ s ⁻¹] [h ⁻¹]		Nota
	Elevata	Media	Bassa	Elevata	Media	Bassa			
• bar/pasticcerie/self service	8,75	7	5,25	1,25	1,0	0,75			
• ristoranti	8,75	7	5,25	1,25	1,0	0,75			
• sale da ballo/discoteche	18,75	15	11,25	1,38	1,1	0,83			
• cucine	Estrazioni in funzionamento continuo							8	a
	Estrazioni in funzionamento discontinuo							16	a
• bagni/servizi	Estrazioni in funzionamento continuo							8	b
	Estrazioni in funzionamento discontinuo							16	b
ATTIVITÀ COMMERCIALI E ASSIMILABILI									
• grandi magazzini - piano interrato	8,75	7	5,25	0,5	0,4	0,3			
• negozi o reparti di grandi magazzini	8,75	7	5,25	0,5	0,4	0,3			
• barbieri, saloni bellezza	8,75	7	5,25	0,6	0,5	0,4			
• abbigliamento, calzature, mobili, ottici, fioristi, fotografi	8,75	7	5,25	0,5	0,4	0,3			
• alimentari, lavasecco, farmacie	8,75	7	5,25	0,5	0,4	0,3			
• bagni/servizi	Estrazioni in funzionamento continuo							8	b
	Estrazioni in funzionamento discontinuo							16	b
ADIBITI AD ATTIVITÀ SPORTIVA, PISCINE, SAUNE E ASSIMILABILI									
• piscine (sala vasca)	8,75	7	5,25	7,5	6,0	0,45			f
• spogliatoi	8,5	7	5,25	0,38	0,3	0,23			
• bagni/servizi	Estrazione							8	b
• palazzetti sportivi (campi da gioco)	6,25	5	3,75	0,75	0,6	0,45			
• zone spettatori in piedi	8,75	7	5,25	0,5	0,4	0,3			
• zone spettatori seduti	8,75	7	5,25	0,5	0,4	0,3			
• altri locali									
• spogliatoio atleti	8,75	7	5,25	0,38	0,3	0,23			
• bagni/servizi	Estrazioni in funzionamento continuo							8	b
	Estrazioni in funzionamento discontinuo							16	b
ADIBITI AD ATTIVITÀ SCOLASTICHE E ASSIMILABILI									
• asili nido e scuole materne (scuole per l'infanzia)	7,5	6	4,5	1,25	1,0	0,75			g
• aule scuole elementari (primarie di primo grado)	7,5	6	4,5	0,63	0,5	0,38			g
• aule scuole medie (primarie di secondo grado)	7,5	6	4,5	0,63	0,5	0,38			g
• aule scuole medie superiori (secondarie di secondo grado)	7,5	6	4,5	0,63	0,5	0,38			g
• aule universitarie	7,5	6	4,5	0,63	0,5	0,38			
• bagni/servizi	Estrazioni in funzionamento continuo							8	b
	Estrazioni in funzionamento discontinuo							16	b
• biblioteche, sale lettura	6,9	5,5	4,1	0,63	0,5	0,38			

Destinazione d'uso dell'edificio e dell'ambiente	Portata per persona $q_{v,o,p}$ [10 ⁻³ m ³ s ⁻¹ per persona]			Portata per superficie $q_{v,o,p}$ [10 ⁻³ m ³ s ⁻¹ m ⁻²]			Portata di estrazione $q_{v,o,p}$ [10 ⁻³ m ³ s ⁻¹] [h ⁻¹]		Nota
	Elevata	Media	Bassa	Elevata	Media	Bassa			
• aule musica e lingue	6,9	5,5	4,1	0,38	0,3	0,23			
• laboratori chimici/biologici	Estrazione							5	
• laboratori	7,5	6	4,5	0,63	0,5	0,38			
• sale insegnanti	7,5	6	4,5	0,63	0,5	0,38			
NOTE: 1. Nel settore residenziale, tenuto conto delle caratteristiche di utenza e di discontinuità di occupazione, è fortemente suggerita e raccomandata l'adozione di soluzioni che consentano di variare le portate e di ripartirle diversamente nei locali in relazione con i bisogni effettivi. 2. La portata di aria esterna che deve essere immessa negli ambienti va calcolata tenendo conto del numero nominale di occupanti dell'area della superficie netta di tutti i locali, esclusi cucine, bagni, corridoi e locali di servizio. La portata totale va suddivisa tra gli ambienti al netto delle esclusioni in base alle condizioni specifiche che devono essere valutate in fase di progettazione. Nel caso in cui questa portata risulti inferiore alla somma delle portate continue di estrazione si adotta come portata di aria esterna almeno il valore della somma delle portate continue di estrazione e comunque tale da garantire i requisiti di sovrappressione di cui al paragrafo 9.1.1.1. 3. L'impianto in assenza di persone deve garantire una portata minima di aria esterna pari a 0,1 x 10³ m³ s⁻¹ m⁻². Tale valore può essere ottenuto anche come valore medio mediante ventilatori a funzionamento intermittente temporizzato. a. Negli ambienti adibiti a cucina e dotati di estrazioni localizzate, l'impianto di climatizzazione deve essere progettato in modo da tener conto delle estrazioni e delle necessità di mantenimento delle desiderate condizioni di differenza di pressione tra tutti gli ambienti serviti dall'impianto. La portata minima estratta negli impianti a funzionamento continuo non deve essere inferiore a 8-10-3 m³ s⁻¹ nelle cucine e a 4-10-3 m³ s⁻¹ nei bagni. b. Il volume è quello relativo ai bagni (antibagni esclusi). c. Tali ambienti devono essere mantenuti in depressione. Si prescrive una estrazione minima pari a 6 h⁻¹ e una depressione minima misurabile di 15 Pa. d. Tali ambienti devono essere mantenuti in pressione. Si prescrive un rinnovo minimo pari a 6 h⁻¹ e una pressione minima misurabile di 15 Pa. e. Prerequisiti ambientali e portate di aria devono essere stabiliti in relazione alle prescrizioni vigenti e alle specifiche esigenze delle singole applicazioni. f. Valori più elevati possono essere richiesti per controllare l'umidità. Per le piscine si prescrive una portata minima di aria esterna di 5,5 10³ m³ s⁻¹ per m² di area della superficie della vasca. g. In ogni caso deve essere rispettato il numero di ricambi/ora minimo indicato nel D.M del 18 dicembre 1975 e s.m.i.									

16.7.14 Filtrazione

Negli impianti di cui alla presente norma, vanno adottati i livelli di filtrazione dell'aria in relazione con la classe di qualità dell'aria interna desiderata, con la classe di qualità dell'aria esterna e con la destinazione d'uso degli ambienti serviti dall'impianto. Le indicazioni sui livelli minimi di filtrazione da adottare sono riportate nel Prospetto che segue, che riporta le classi di filtrazione così come definite nelle norme UNI EN 779, UNI EN 1822 e UNI 11254. In riferimento al Prospetto, si raccomanda, in assenza di condizioni o esigenze particolari, l'adozione delle classi di filtrazione indicate nella colonna "classe di qualità dell'aria interna - media". Quando, per esigenze particolari, si accettino livelli inferiori di qualità dell'aria interna (classe di qualità dell'aria interna bassa) o si richiedano livelli superiori (classe di qualità dell'aria interna elevata), tale scelta deve essere esplicitata e motivata nella relazione di progetto. La prescrizione sulla classe del filtro riportata nel Prospetto sotto si riferisce all'efficienza media di filtrazione offerta dal filtro destinato a garantire la qualità dell'aria prevista negli ambienti.

Tale filtro, a seconda delle applicazioni e tenuto conto di considerazioni affidate al progettista, può

essere unico o essere preceduto da altri filtri di classe di efficienza di filtrazione inferiore. I filtri che precedono lo stadio finale di filtrazione possono essere adottati per proteggere il filtro finale dal particolato più grossolano e/o per proteggere i componenti impiantistici inseriti nel circuito aeraulico.

La scelta del filtro finale e degli eventuali filtri di classe di efficienza di filtrazione inferiore e il loro posizionamento devono tener conto anche delle sorgenti di contaminazione interne all'unità di trattamento e della esigenza di contenimento dei consumi energetici.

Si raccomanda pertanto di scegliere il sistema di filtrazione e i singoli filtri sulla base della perdita di carico iniziale (a parità di classe di filtrazione) e della perdita di carico complessiva offerta dai filtri posti in sequenza nel circuito aeraulico. Nel processo di selezione rientra anche la considerazione dell'efficienza minima di filtrazione e della capacità di accumulo di polvere (dust holding capacity) secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 779.

Qualora si adottino più stadi di filtrazione, si raccomanda che lo stadio a più elevata efficienza sia posizionato il più vicino possibile alle utenze da servire, compatibilmente con considerazioni relative alla realizzazione dell'impianto e alla sua manutenzione.

Nota: i valori minimi di portata di aria esterna, per ciascuna classe di qualità dell'aria interna secondo i metodi prescrittivo e prestazionale, vanno garantiti anche nelle condizioni più gravose, ovvero quando sono massime le perdite di carico previste nei filtri in relazione al loro sporcamento, in accordo con UNI EN 779 e UNI 11254. Al fine di evitare inefficienze energetiche e problemi di benessere per gli occupanti, ove possibile, si raccomanda l'adozione di sistemi automatici di regolazione della portata al variare delle perdite di carico del circuito aeraulico.

Le classi dei filtri finali nel Prospetto sotto si riferiscono all'efficienza di filtrazione del solo particolato. Nel caso vi sia anche una significativa presenza di contaminanti aeriformi, occorre considerare anche l'impiego di uno stadio di filtrazione destinato alla filtrazione di tali contaminanti. In tale caso si lascia al progettista la scelta della tipologia dei filtri e la definizione dei livelli di prestazione. In fase di progetto devono essere previste prese di pressione a monte e a valle delle sezioni di filtrazione, in modo da consentire la misura delle perdite di carico in continuo o in occasione delle ispezioni periodiche.

Nel caso in cui non sia possibile adempiere a questa prescrizione, il progettista deve darne adeguata motivazione nella relazione di progetto.

È importante che i filtri all'interno della centrale di trattamento aria siano distanziati correttamente rispetto a:

- Prese di aria esterna, in relazione a fenomeni quali l'ingresso di acqua piovana e la formazione di ghiaccio;
- Umidificatori.

I filtri per particolato vanno sostituiti quando si verifica una delle seguenti condizioni:

- Durante i controlli periodici si riscontra un danneggiamento o la perforazione del filtro oppure un eccessivo sporcamento o fenomeni di proliferazione di contaminanti biologici;
- Lo sporcamento porta a perdite di carico prossime a quelle massime indicate dal costruttore per evitare rischi di sfondamento;
- Le perdite di carico determinano consumi energetici e/o costi economici non accettabili in una logica di analisi sul ciclo di vita operativa (Life Cycle Cost Analysis, LCCA).

Filtrazione minima prevista

Destinazione d'uso dell'edificio e dell'ambiente	Classe di qualità dell'aria esterna	Classe dei filtri finale		
		Classe di qualità dell'aria interna		
		Elevata	Media	Bassa
RESIDENZE E ASSIMILABILI				
abitazioni civili:	Elevata	M6	M5	G4
	Media	F7	M6	M5
	Bassa	F8*	M6*	M5*
collegi e luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi strutture alberghiere: • alberghi • pensioni e residence	Elevata	F7	M6	M5
	Media	F8	F7	M6
	Bassa	F8*	F7*	M6*
UFFICI E ASSIMILABILI				
uffici in genere locali riunione centri elaborazione dati	Elevata	F7	M6	M5
	Media	F8	F7	M6
	Bassa	F9*	F7*	M6*
OSPEDALI, CLINICHE E ASSIMILABILI				
degenze, corsie, visite mediche, soggiorni, terapie fisiche	Elevata	F7	M6	M5
	Media	F8	F7	M6
	Bassa	F9*	F7*	M6*
camere sterili e infettivi, maternità, anestesia, radiazioni, prematuri	Elevata	H14	H13	E12
	Media	H14	H13	E12
	Bassa	H14*	H13*	E12*
ASSOCIAZIONI E CULTO				
cinematografi, teatri, sale gioco, sale congressi e luoghi di culto	Elevata	F7	M6	M5
	Media	F8	F7	M6
	Bassa			
ATTIVITÀ RICREATIVE				
bar, ristoranti e sale da ballo cucine (aria immessa)	Elevata	F7	M6	M5
	Media	F8	F7	M6
	Bassa	F8*	F7*	M6*

Destinazione d'uso dell'edificio e dell'ambiente	Classe di qualità dell'aria esterna	Classe dei filtri finale		
		Classe di qualità dell'aria interna		
		Elevata	Media	Bassa
COMMERCIALE E ASSIMILABILI				
grandi magazzini, supermercati, negozi in genere negozi alimentari, aree lavorazione alimenti in supermercati	Elevata	F7	M6	M5
	Media	F8	F7	M6
	Bassa	F8*	F7*	M6*
PER LO SPORT E ASSIMILABILI				
piscine, palestre e assimilabili quartieri fieristici	Elevata	F7	M6	M5
	Media	F8	F7	M6
	Bassa	F8*	F7*	M6*
ATTIVITÀ SCOLASTICHE				
aule in genere laboratori	Elevata	F7	M6	M5
	Media	F8	F7	M6
	Bassa	F9*	F7*	M6*
(*) In questi casi è necessario valutare l'adozione anche di un adeguato filtro per i contaminanti aeriformi. Si raccomanda un opportuno posizionamento del filtro, tenendo conto sia della necessità di protezione a monte, sia della possibilità che esso stesso rilasci particolato.				

Filtri elettrostatici attivi in combinazione o in sostituzione di filtri di tipo meccanico

Il Prospetto sopra fa riferimento solo a filtri di tipo meccanico. Nelle unità di trattamento aria possono essere impiegati anche filtri di tipo elettrostatico attivo, definiti e classificati nella norma UNI 11254, che possono essere adottati in sostituzione o in combinazione con filtri meccanici, con funzione di filtro terminale e/o di prefiltro. Ai fini del soddisfacimento dei requisiti di qualità dell'aria riportati nella presente norma, non essendoci corrispondenza diretta tra la classificazione dei filtri meccanici e quella dei filtri elettrostatici attivi, la scelta di questi ultimi deve essere motivata nella relazione di progetto o di progetto-offerta. In particolare, nella relazione devono essere evidenziati il raggiungimento delle prestazioni prescritte per i filtri meccanici e, eventualmente, le implicazioni operative e manutentive oltre che i vantaggi energetici e/o di controllo della contaminazione biologica e aeriforme.

Filtri per la filtrazione dei contaminanti aeriformi

Per i contaminanti aeriformi (gas e vapori) si ricorre principalmente al meccanismo della diluizione con aria esterna e, quando opportuno, alla filtrazione con idonei sistemi di filtrazione oppure a una combinazione delle due precedenti soluzioni. Si tenga presente che tali sistemi di filtrazione possono portare vantaggi dal punto di vista sia della qualità dell'aria sia dei consumi energetici quando consentano riduzioni nelle portate di aria esterna di diluizione.

L'adozione di sistemi di filtrazione dei contaminanti aeriformi è raccomandata:

- quando l'aria esterna utilizzata per la diluizione contiene contaminanti a livelli di concentrazione elevati (es. per la prossimità a parcheggi, piste aeroportuali, caselli autostradali) e/o non accettabili in base alle normative sulla qualità dell'aria esterna;

- quando nell'ambiente interno vi siano sorgenti di contaminazione aeriforme di particolare rilevanza (es. cucine, parrucchieri, studi dentistici, lavanderie) oppure esigenze particolari di contenimento della contaminazione aeriforme (p.e. musei, archivi, Centri Elaborazione Dati).

Alla data di pubblicazione della presente norma, pur essendo dimostrate l'efficacia e l'applicabilità di sistemi quali filtri a carbone attivo, ad allumina (eventualmente attivata), a zeolite e fotocatalitici, non esistono norme tecniche relative alla definizione e alla classificazione delle prestazioni di tali filtri. La scelta di questi sistemi di filtrazione deve essere motivata nella relazione di progetto, o di progetto-offerta. In particolare, devono essere evidenziate le prestazioni raggiunte e, eventualmente, le implicazioni operative e manutentive e i vantaggi energetici.

Filtrazione dell'aria espulsa

Si raccomanda di considerare l'eventuale presenza nell'aria espulsa di contaminanti quali particolato, aeriformi, contaminanti biologici o radiologicamente attivi. Quando vi siano obblighi derivanti da leggi e regolamenti locali, o comunque quando il progettista ne ravvisa la necessità, deve essere prevista una sezione di filtrazione sull'aria espulsa. Il filtro sull'aria espulsa deve essere installato a monte del ventilatore di espulsione.

16.7.15 Metodo prestazionale

Il metodo prestazionale può trovare applicazione in tutti i casi in cui la progettazione riguardi impianti a servizio di:

1. Edifici e ambienti per i quali l'adozione del metodo prescrittivo non è adeguata ai fini dell'ottenimento della desiderata qualità dell'aria, a causa della presenza di contaminanti in qualità e in concentrazioni diverse da quelle che si hanno normalmente.

In questi casi, si ricorre a sistemi di ventilazione a portata costante (o in alcuni casi, a sistemi di ventilazione a portata variabile non sulla base della qualità dell'aria interna) e occorre considerare dettagliatamente il tipo di sorgenti di contaminanti, tasso di emissione dei contaminanti di riferimento ed esigenze di protezione delle persone;

2. Edifici e ambienti nei quali si adottano sistemi di ventilazione a portata variabile, per far fronte alla variabilità temporale della contaminazione e per ridurre i consumi, migliorando l'efficienza energetica. In questi sistemi la portata viene variata sulla base del segnale proveniente da sensori o da altri sistemi automatici di valutazione della qualità dell'aria.

Metodo del bilancio di massa applicato ai singoli contaminanti di riferimento

Il metodo del bilancio di massa si adotta nei casi di sistema a portata d'aria costante o di sistema a portata variabile in base a condizioni termiche. Il metodo di bilancio di massa richiede di:

1. individuare i singoli contaminanti di riferimento;
2. determinare i tassi di emissione delle sorgenti per ciascuno dei contaminanti di riferimento;
3. determinare le concentrazioni dei ciascuno dei contaminati di riferimento nell'aria esterna utilizzata ai fini della diluizione;
4. individuare i sistemi di filtrazione da adottare e le relative efficienze di filtrazione per i singoli contaminanti di riferimento;
5. individuare le concentrazioni massime ammissibili per ciascuno dei contaminanti di riferimento;
6. calcolare le portate di aria necessarie per rispettare i limiti di concentrazione per ciascuno dei contaminanti di riferimento;
7. adottare come valore di portata di aria esterna per il dimensionamento dell'impianto il maggiore tra quelli calcolati; il contaminante cui tale portata si riferisce viene considerato il contaminante di dimensionamento.

In ogni caso e in ogni condizione di funzionamento la portata di aria esterna non può essere inferiore a quella indicata nella colonna "Portata per superficie" valore "Medio" del Prospetto delle portate minime.

In Figura sotto è riportato uno schema generale di impianto con sola immissione di aria esterna per la diluizione dei contaminanti nel volume convenzionale occupato. In questo caso, il bilancio di massa è dato dall'Equazione:

$$Q_{V,ODA} = Q_{V,SUP} = \frac{Q_{m,a}}{(C_{IDA} - C_{ODA})} \cdot \frac{1}{\epsilon_{V,c}}$$

Dove:

- C_{IDA}** concentrazione del contaminante nell'aria interna (massima concentrazione ammissa), espressa in kg m^{-3} ;
- C_{ODA}** concentrazione del contaminante nell'aria esterna, espressa in kg m^{-3} ;
- $Q_{m,a}$** portata massica di contaminante emesso (tasso di emissione) dalle sorgenti interne al locale considerato, espressa in kg s^{-1} ;
- $Q_{V,ODA}$** portata volumica di aria esterna, espressa in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;
- $Q_{V,SUP}$** portata volumica di aria immessa, espressa in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;
- $\epsilon_{V,c}$** efficienza convenzionale di ventilazione.

In figura sotto è riportato uno schema generale di impianto di ventilazione a servizio di un ambiente, per il quale il bilancio di massa sul sistema (volume convenzionale occupato e impianto) si esprime con le equazioni riportate nel seguito nell'ipotesi di diffusione a perfetta miscelazione nel

volume convenzionale occupato.

Bilancio di massa del contaminante sul volume convenzionale occupato:

$$Q_{m,a} + Q_{m,SUP} + Q_{m,TRA} + Q_{m,SEC,L} + Q_{m,SEC,SUP} = Q_{m,ETA} + Q_{m,SEC,L} + Q_{m,SEC,ETA}$$

Dove:

- $Q_{m,a}$** portata massica di contaminante emesso (tasso di emissione) dalle sorgenti interne al locale considerato, espressa in kg s^{-1} ;
- $Q_{m,ETA}$** portata massica del contaminante nell'aria estratta, espressa in kg s^{-1} ;
- $Q_{m,SEC,ETA}$** portata massica del contaminante nell'aria secondaria estratta, espressa in kg s^{-1} ;
- $Q_{m,SEC,L}$** portata massica del contaminante nell'aria secondaria locale, espressa in kg s^{-1} ;
- $Q_{m,SEC,SUP}$** portata massica del contaminante nell'aria secondaria immessa, espressa in kg s^{-1} ;
- $Q_{m,SUP}$** portata massica del contaminante nell'aria immessa, espressa in kg s^{-1} ;
- $Q_{m,TRA}$** portata massica del contaminante nell'aria trasferita, espressa in kg s^{-1} ;

Esplicitando le portate massiche in funzione delle concentrazioni del contaminante di riferimento e delle efficienze di filtrazione, diventa:

$$Q_{m,a} + (Q_{v,SUP} \cdot C_{SUP}) + [(Q_{v,TRA} \cdot C_{TRA}) \cdot (1-E_{TRA})] + [(Q_{v,SEC,L} \cdot C_{IDA}) \cdot (1-E_{SEC,L})] + [(Q_{v,SEC,SUP} \cdot C_{IDA}) \cdot (1-E_{SEC,SUP})] = (Q_{v,ETA} \cdot C_{IDA}) + (Q_{v,SEC,L} \cdot C_{IDA}) + (Q_{v,SEC,ETA} \cdot C_{IDA})$$

che a sua volta, tenendo conto della efficienza convenzionale di ventilazione, diventa:

$$Q_{m,a} + \{[Q_{v,ODA} \cdot C_{ODA} \cdot (1-E_{ODA}) + Q_{v,RCA} \cdot C_{RCA} \cdot (1-E_{RCA})] \cdot (1-E_{SUP})\} \cdot \epsilon_{v,c} + Q_{v,TRA} \cdot C_{TRA} \cdot (1-E_{TRA}) + [(Q_{v,SEC,L} \cdot C_{IDA}) \cdot (1-E_{SEC,L})] + [(Q_{v,SEC,SUP} \cdot C_{IDA}) \cdot (1-E_{SEC,SUP})] = (Q_{v,ETA} \cdot C_{IDA}) + (Q_{v,SEC,L} \cdot C_{IDA}) + (Q_{v,SEC,ETA} \cdot C_{IDA})$$

E quindi:

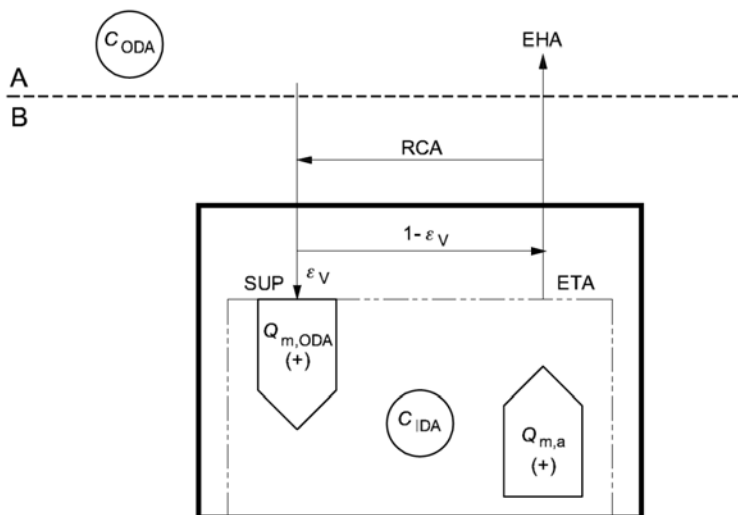
$$Q_{m,a} + \{[Q_{v,ODA} \cdot C_{ODA} \cdot (1-E_{ODA}) + Q_{v,RCA} \cdot C_{RCA} \cdot (1-E_{RCA})] \cdot (1-E_{SUP})\} \cdot \epsilon_{v,c} + Q_{v,TRA} \cdot C_{TRA} \cdot (1-E_{TRA}) = (Q_{v,ETA} \cdot C_{IDA}) + (Q_{v,SEC,L} \cdot C_{IDA} \cdot E_{SEC,L}) + (Q_{v,SEC,ETA} \cdot C_{IDA} \cdot E_{SEC,SUP})$$

Dove:

- C_{IDA}** concentrazione del contaminante nell'aria interna (massima concentrazione ammassa), espressa in kg m^{-3} ;
- C_{ODA}** concentrazione del contaminante nell'aria esterna, espressa in kg m^{-3} ;

C_{RCA}	concentrazione del contaminante nell'aria ricircolata, espressa in kg m^{-3} ;
C_{SUP}	concentrazione del contaminante nell'aria immessa, espressa in kg m^{-3} ;
C_{TRA}	concentrazione del contaminante nell'aria trasferita, espressa in kg m^{-3} ;
E_{ODA}	efficienza del filtro installato sull'aria esterna;
E_{RCA}	efficienza del filtro installato sull'aria ricircolata;
$E_{SEC,L}$	efficienza del filtro installato sull'aria secondaria locale;
$E_{SEC,SUP}$	efficienza del filtro installato sull'aria secondaria immessa;
E_{SUP}	efficienza del filtro installato sull'aria immessa;
E_{TRA}	efficienza del filtro installato sull'aria trasferita;
$Q_{m,a}$	portata massica di contaminante emesso (tasso di emissione) dalle sorgenti interne al locale considerato, espressa in kg s^{-1} ;
$Q_{v,ETA}$	portata volumica di aria estratta, espressa in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;
$Q_{v,ODA}$	portata volumica di aria esterna, espressa in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;
$Q_{v,RCA}$	portata volumica di aria espulsa, espressa in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;
$Q_{v,SEC,ETA}$	portata volumica di aria secondaria estratta, espressa in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;
$Q_{v,SEC,L}$	portata volumica di aria secondaria locale, espressa in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;
$Q_{v,SEC,SUP}$	portata volumica di aria secondaria immessa, espressa in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;
$Q_{v,SUP}$	portata volumica di aria secondaria, espressa in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;
$Q_{v,TRA}$	portata volumica di aria trasferita, espressa in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;
$\epsilon_{V,c}$	efficienza convenzionale di ventilazione.

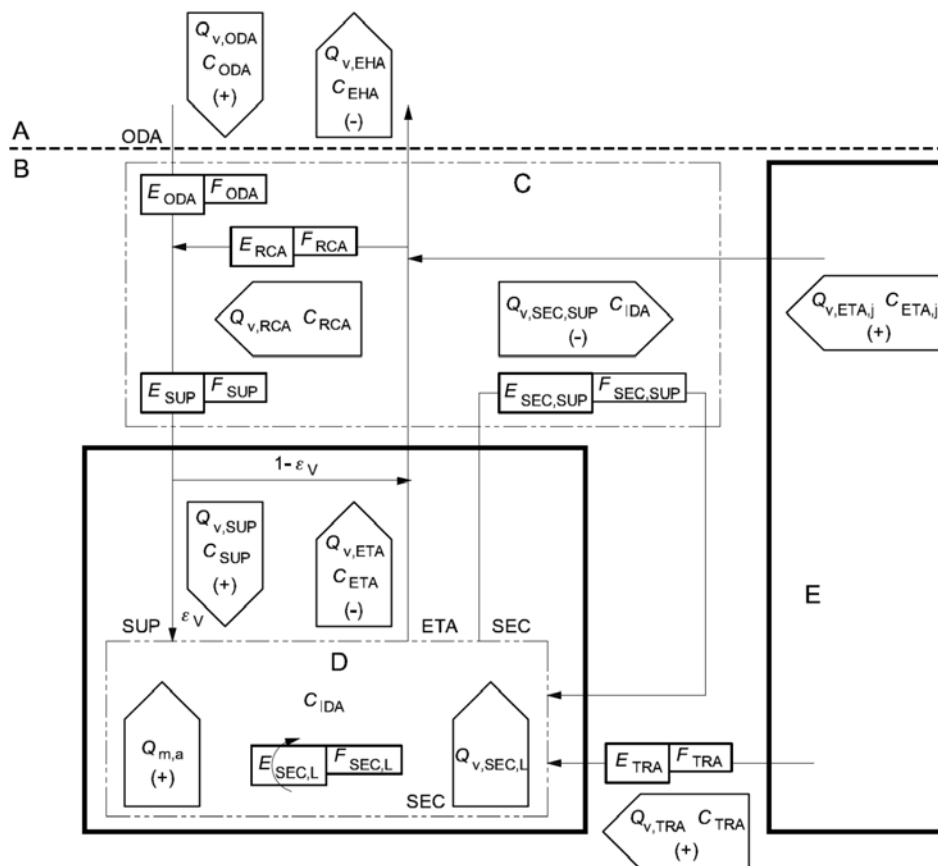
Schema per l'applicazione del metodo del bilancio di massa sul volume convenzionale occupato da un singolo locale per il controllo della concentrazione interna dei contaminanti



Legenda:

- C_{IDA} concentrazione del contaminante nell'aria interna (massima concentrazione ammessa), espressa in kg m^{-3} ;
- C_{ODA} concentrazione del contaminante nell'aria esterna, espressa in kg m^{-3} ;
- $Q_{m,a}$ portata massica di contaminante emesso (tasso di emissione) dalle sorgenti interne al locale considerato, espressa in kg s^{-1} ;
- $Q_{v,ODA}$ portata volumica di aria esterna, espressa in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;
- $\epsilon_{V,c}$ efficienza convenzionale di ventilazione;
- 1** ambiente esterno;
- 2** ambiente interno;
- 3** volume convenzionale occupato.

Schema per l'applicazione del metodo del bilancio di massa a un singolo locale, al suo volume convenzionale occupato e all'impianto di ventilazione per il controllo della concentrazione interna dei contaminanti



Legenda:

- C_{IDA} concentrazione del contaminante nell'aria interna (massima concentrazione ammessa), espressa in kg m^{-3} ;
- C_{ODA} concentrazione del contaminante nell'aria esterna, espressa in kg m^{-3} ;
- C_{RCA} concentrazione del contaminante nell'aria ricircolata, espressa in kg m^{-3} ;
- C_{SUP} concentrazione del contaminante nell'aria immessa, espressa in kg m^{-3} ;
- C_{TRA} concentrazione del contaminante nell'aria trasferita, espressa in kg m^{-3} ;
- E_{ODA} efficienza del filtro installato sull'aria esterna;
- E_{RCA} efficienza del filtro installato sull'aria ricircolata;

$E_{SEC,L}$	efficienza del filtro installato sull'aria secondaria locale;
$E_{SEC,SUP}$	efficienza del filtro installato sull'aria secondaria immessa;
E_{SUP}	efficienza del filtro installato sull'aria immessa;
E_{TRA}	efficienza del filtro installato sull'aria trasferita;
$Q_{m,a}$	portata massica di contaminante emesso (tasso di emissione) dalle sorgenti interne al locale considerato, espressa in kg s^{-1} ;
$Q_{v,ETA}$	portata volumica del contaminante nell'aria estratta, espressa in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;
$Q_{v,ODA}$	portata volumica del contaminante nell'aria esterna, espressa in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;
$Q_{v,RCA}$	portata volumica del contaminante nell'aria espulsa, espressa in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;
$Q_{v,SEC,ETA}$	portata volumica del contaminante nell'aria secondaria estratta, espressa in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;
$Q_{v,SEC,L}$	portata volumica del contaminante nell'aria secondaria locale, espressa in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;
$Q_{v,SEC,SUP}$	portata volumica del contaminante nell'aria secondaria immessa, espressa in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;
$Q_{v,SUP}$	portata volumica del contaminante nell'aria secondaria, espressa in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;
$Q_{v,TRA}$	portata volumica del contaminante nell'aria trasferita, espressa in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;
$\varepsilon_{V,c}$	efficienza convenzionale di ventilazione;
1	ambiente esterno;
2	ambiente interno;
3	altro locale interno;
4	volume convenzionale occupato;
5	unità di trattamento aria.

Individuazione dei singoli contaminanti di riferimento

Per ogni ambiente in cui vi siano situazioni, materiali, attività o processi che possano determinare l'emissione di contaminanti potenzialmente dannosi per la salute o in grado di compromettere i livelli richiesti di benessere, è necessario individuare e indicare esplicitamente tali contaminanti. Si deve inoltre tenere conto dell'eventuale presenza di contaminanti di origine geologica e di quelli legati alla localizzazione dell'edificio in base alla tipologia di aree.

Determinazione dei tassi di emissione delle sorgenti per ciascuno dei contaminanti di riferimento

La determinazione dei tassi di emissione deve essere effettuata mediante l'acquisizione di informazioni su attività e materiali, il recupero di certificazioni reperibili in banche dati e le misurazioni dirette. Le procedure seguite per la determinazione del valore del tasso di emissione devono essere documentate all'interno della relazione di progetto.

Individuazione della concentrazione di ciascuno dei contaminanti di riferimento nell'aria esterna utilizzata ai fini della diluizione

La determinazione della concentrazione dei contaminanti di riferimento nell'aria esterna deve essere effettuata mediante l'acquisizione di informazioni sulla qualità dell'aria esterna ricavabili da direttive comunitarie, leggi e regolamentazioni locali. Vanno in particolare considerati i provvedimenti di suddivisione del territorio in zone, emanati dagli organi competenti, e i valori reperibili su banche dati ambientali. In mancanza di dati si può ricorrere a misurazioni dirette. Le procedure seguite e i valori utilizzati devono essere documentati all'interno della relazione di progetto.

Individuazione dei sistemi di filtrazione da adottare e delle relative efficienze di filtrazione per i singoli contaminanti di riferimento

L'aria deve essere comunque filtrata in accordo con le prescrizioni contenute nel Prospetto e nei paragrafi relativi. In aggiunta a questa filtrazione, il controllo di particolari contaminanti di riferimento può essere perseguito mediante l'adozione di filtri in grado di abatterli. Per questi filtri devono essere definiti posizionamento, portate di aria ed efficienza di filtrazione. Inoltre, nel caso in cui i filtri adottati ai fini del rispetto delle prescrizioni abbiano la capacità di filtrazione anche dei contaminanti di riferimento, vanno considerate, anche per questi, posizionamento, portate ed efficienze di filtrazione del singolo contaminante di riferimento. Le procedure seguite e i valori utilizzati devono essere documentati all'interno della relazione di progetto.

Individuazione delle concentrazioni massime ammissibili per ciascuno dei contaminanti di riferimento

Una volta individuati i contaminanti di riferimento, ne vanno reperiti i valori di concentrazione massima ammissibile ai fini della tutela della salute e dell'ottenimento dei livelli di benessere desiderati. Nel primo caso i valori vanno reperiti negli strumenti legislativi e normativi vigenti e in tutti i documenti che costituiscono riferimenti ufficiali, quali regolamenti e ordinanze comunali, regionali e nazionali, direttive europee. Ove, per uno specifico contaminante, tali valori non siano reperibili con riferimento all'ambiente interno, si devono utilizzare quelli stabiliti per l'ambiente esterno. Se tutto ciò non fosse possibile, si devono utilizzare valori prescritti da enti riconosciuti a livello internazionale.

Occorre inoltre considerare che i valori massimi di concentrazione ai fini della salute si riferiscono, in genere, alla media della popolazione sana e adulta, salvo specifica indicazione; se i locali da trattare prevedono la presenza di persone che richiedono livelli superiori di tutela (come malati, convalescenti, anziani, bambini, persone affette da deficit fisiologici), devono essere valutati e adottati opportuni coefficienti riduttivi.

Nel caso invece di contaminanti che possono compromettere i livelli desiderati di benessere, i valori di concentrazione massima ammissibile sono da collegare alla percezione olfattiva e ad altri meccanismi sensoriali.

Calcolo delle portate di aria necessarie per rispettare i limiti di concentrazione per ciascuno dei contaminanti di riferimento

Per ciascuno dei contaminanti di riferimento si applica l'equazione di bilancio di massa inserendo i valori calcolati in conformità ai punti relativi. In particolare, nell'equazione di bilancio di massa, la concentrazione C_{IDA} è la concentrazione massima ammissibile per il contaminante di riferimento nel volume convenzionale occupato.

Verifica del rispetto della portata minima di aria esterna

Ai fini del progetto, si utilizza il valore di portata di aria esterna maggiore tra quello di dimensionamento, calcolato secondo quanto previsto al punto relativo, e a quello medio della portata per unità di superficie riportato nel Prospetto delle portate minime.

Metodo prestazionale per sistemi a portata d'aria variabile in base alla qualità dell'aria interna

I sistemi a portata d'aria variabile in base alla qualità dell'aria interna trovano applicazione in tutti i casi nei quali si hanno tassi di emissione di contaminanti che variano in funzione del tempo e del numero di sorgenti, in quanto la variazione di portata dell'aria consente di mantenere i desiderati livelli di qualità dell'aria e di perseguire l'efficienza energetica.

Individuazione del contaminante di dimensionamento, della sorgente variabile e della tipologia di sensore da utilizzare ai fini della regolazione di portata

È opportuno distinguere tra i seguenti casi:

1. il contaminante è caratterizzato contemporaneamente da variabilità di emissione e da un limite di concentrazione da rispettare ai fini della tutela della salute e del benessere delle persone. In questo caso, la portata di aria immessa viene posta in relazione diretta con una misura di concentrazione del contaminante;
2. le persone sono sorgenti determinanti ai fini della qualità dell'aria e gli affollamenti sono variabili nel tempo. In questo caso, la portata di aria immessa viene posta in relazione con misure dirette o indirette di affollamento (per esempio quelle effettuate con conta persone o con sensori di anidride carbonica). Di conseguenza, nei locali serviti da ventilazione meccanica, dovrà essere garantita una quota minima di aria esterna di ricambio pari a $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-2}$. A tale quota

minima deve essere sommata una quota supplementare di diluizione, intesa come portata di aria da aggiungere al fine di mantenere il valore della concentrazione dei contaminanti interni al di sotto dei limiti stabiliti. La quota supplementare può essere costituita dalle seguenti tipologie di aria opportunamente trattata:

- aria esterna immessa;
- aria trasferita;
- aria secondaria;
- aria ricircolata.

Caso di contaminante caratterizzato da variabilità di emissione e da un limite di concentrazione da rispettare

Si procede alla determinazione del valore della portata di dimensionamento per il contaminante scelto come contaminante di dimensionamento. Nel calcolo devono essere evidenziati il valore di concentrazione massima ammissibile per quel contaminante nel volume convenzionale occupato e il valore di portata massima di progetto che consente il rispetto di tale valore nelle condizioni più sfavorevoli che possono verificarsi nel funzionamento dell'impianto (sporcamento dei filtri, aumento del tasso di emissione del contaminante di dimensionamento).

La regolazione deve modificare la portata immessa al fine di mantenere entro i limiti definiti il valore della concentrazione stabilita per il contaminante di dimensionamento (misurato con un sensore specifico posto in ambiente).

Caso in cui la sorgente determinante ai fini della qualità dell'aria sono le persone e gli affollamenti sono variabili nel tempo

Il valore della portata massima di progetto deve essere determinato in ottemperanza al metodo prescrittivo. La portata di aria immessa può essere modificata:

- mediante misure dirette di affollamento (p.e. conta persone, controllo varchi di accesso e uscita). La portata di aria immessa viene fatta variare sulla base dell'affollamento misurato tra il valore massimo (condizione di progetto) e il valore minimo da rispettare (secondo quanto riportato nel Prospetto delle portate minime, in corrispondenza del valore medio della portata per superficie);
- mediante misure di concentrazione di contaminanti marcatori dell'affollamento (p.e. anidride carbonica, composti organici volatili misti, vapor d'acqua). La portata di aria immessa viene fatta variare sulla base del valore assunto dalla concentrazione del contaminante marcatore tra il valore massimo (condizione di progetto) e il valore minimo da rispettare (secondo quanto riportato nel Prospetto 14, in corrispondenza del valore medio della portata per superficie).

16.7.16 Strategie di ventilazione

Per ogni ambiente è da prevedere una strategia di ventilazione in base alla tipologia di ambiente e al tipo e all'intensità delle attività che in esso si devono svolgere.

La strategia di ventilazione specifica da adottare dipende dalla caratterizzazione delle fonti di contaminante: la presenza di fonti note, ben localizzate, a emissione significativa e variabile nel tempo, impone, per quanto possibile, una strategia basata su una captazione localizzata dei contaminanti e un contenimento del fattore di miscelazione dell'aria.

In presenza di fonti diffuse a emissione costante, si deve adottare una strategia che comporti la migliore miscelazione possibile dell'aria. In ambienti caratterizzati dalla contemporanea presenza di entrambe le tipologie di fonte inquinante, si deve impiegare una strategia mista, che comporti un'efficiente captazione localizzata dei contaminanti e assicuri una buona miscelazione dell'aria nel volume dell'ambiente.

Al fine di ottenere la massima efficacia nella rimozione dei contaminanti, si deve impiegare una particolare cura nell'ottenimento di un'elevata efficienza di ventilazione.

16.7.17 Diffusione dell'aria in ambiente

L'ottenimento di una accettabile qualità dell'aria nel volume convenzionale occupato dipende non solo dalla portata di aria esterna immessa, ma anche dalle caratteristiche del sistema di diffusione dell'aria adottato in relazione alla conformazione dei locali e alle fonti di contaminazione presenti.

Le diverse soluzioni utilizzabili per la diffusione dell'aria comportano, a parità di portata e di qualità dell'aria immessa, differenti capacità di rimozione dei carichi di contaminazione e dei carichi termici, con rilevante influenza anche sulle condizioni di benessere termico. Ai fini della presente norma si fa distinzione tra sistemi di diffusione a miscelazione e sistemi di diffusione a dislocamento.

Nota: i sistemi di diffusione dell'aria a miscelazione, generalmente, determinano l'omogeneità delle temperature e della velocità residua dell'aria nella zona occupata. Questa ipotesi è normalmente verificata, salvo nei casi in cui siano presenti particolari disuniformità nella distribuzione spaziale dei carichi (di contaminazione e/o termici) e/o sistemi di estrazione localizzata dell'aria (per esempio cappe). Si raccomanda quindi una accurata progettazione dei sistemi di diffusione dell'aria e una attenta considerazione delle differenze di temperatura prodotte in ambiente dal funzionamento del sistema di diffusione in condizioni definite.

16.7.18 Efficienza di ventilazione

Per valutare la qualità e le prestazioni del sistema di distribuzione dell'aria in ambiente si utilizza l'indice di efficienza di ventilazione, che tiene conto del tipo di sistema utilizzato e degli obiettivi di qualità dell'aria e/o di benessere termico che si intendono raggiungere.

Si può in generale parlare di efficienza di ventilazione nominale, che è quella di riferimento e che ai fini della presente norma è posta pari a 0,8, e di efficienza di ventilazione convenzionale, che tiene

conto della differenza tra la situazione ideale, di perfetta miscelazione, e quella reale, ottenibile con sistemi di diffusione dell'aria a miscelazione o a dislocamento.

Ai fini della presente norma, l'efficienza convenzionale di ventilazione può essere definita in termini di concentrazione del contaminante di dimensionamento o in termini di temperatura:

$\varepsilon_{V,C} = \frac{C_{ETA} - C_{SUP}}{C_{vc} - C_{SUP}}$	$\varepsilon_{V,T} = \frac{T_{ETA} - T_{SUP}}{T_{vc} - T_{SUP}}$
Efficienza convenzionale in relazione alla concentrazione di un inquinante	Efficienza convenzionale in relazione alla temperatura

Valore del coefficiente moltiplicativo C1 da assumere in caso di impianti misti

IMPIANTI TERMINALI LOCALI DEL TIPO VENTILCONVETTORE	
Ventilconvettori (che trattano aria secondaria) separati dai diffusori che immettono l'aria trattata centralmente (aria primaria)	
	Coefficiente C ₁
Lancio dell'aria immessa dal diffusore, discorde (in opposizione) rispetto al lancio del ventilconvettore (per esempio si ha questa condizione quando il ventilconvettore in esecuzione verticale viene posto a pavimento addossato sulla parete esterna e il diffusore dell'aria primaria è posto sulla parete interna opposta)	1,15
Lancio dell'aria immessa dal diffusore concorde rispetto al lancio del ventilconvettore (per esempio si ha questa condizione quando il ventilconvettore in esecuzione verticale viene posto a pavimento addossato su una parete e il diffusore dell'aria primaria è posto sulla stessa parete)	0,95
Lancio dell'aria immessa dal diffusore installato a soffitto in posizione neutra rispetto a quella del ventilconvettore (per esempio si ha questa condizione quando il diffusore è posto centralmente a soffitto adistanza tale dalla parete su cui è addossato il ventilconvettore da evitare effetti di contrasto dei flussi)	1,05
Diffusione combinata dell'aria immessa e dell'aria trattata dai ventilconvettori	
Flusso aria immessa non attraversante la batteria del ventilconvettore	1,00
Flusso aria immessa attraversante la batteria del ventilconvettore sempre in funzione; regolazione sull'acqua	1,00
Flusso aria immessa attraversante la batteria del ventilconvettore con regolazione lato aria che preveda anche l'arresto del ventilatore	Non ammesso (*)
IMPIANTI A PANNELLI RADIANTI E ARIA IMMESSA	
Impianto con pannelli a pavimento, a soffitto o a parete	
Pannello radiante a soffitto e aria immessa da diffusori di qualsiasi tipologia posizionati a soffitto o nella parte alta delle pareti verticali	
Pannello radiante a pavimento e aria immessa da diffusori a dislocamento di qualsiasi tipologia posizionati a pavimento o nella parte bassa delle pareti verticali	
In tutti gli altri casi	
(*) Questa soluzione non è ammessa in quanto a ventilatore del ventilconvettore fermo viene arrestata anche la portata di aria primaria.	

Coefficiente correttivo C2 in funzione dell’altitudine H sul livello del mare

Altitudine H [m s.l.m.]	Coefficiente correttivo C2
0	1,00
500	1,06
1000	1,12
1500	1,18
2000	1,25
2500	1,31
3000	1,38

Efficienza convenzionale di ventilazione di sistemi tipici di diffusione dell’aria

Tipologia di diffusore	$\epsilon_{V,2C}$	
	Estate $\Delta T < 0\text{ K}$	Estate $\Delta T > 0\text{ K}$
diffusore a effetto elicoidale o turbolento	1,00	1,00
diffusore a ugello (per lunga gittata) ^a	1,00	1,00
diffusore lineare a feritoia con lancio a getto non tangenziale	1,00	1,00
diffusore (circolari o quadrati) a coni o settori concentrici	0,85	0,75
diffusore lineare a feritoia con lancio tangenziale	0,80	0,70
bocchetta a singolo o doppio filare di alette (a parete)	0,70	0,60
diffusore a microugelli	0,80	0,70
diffusore a dislocamento, versioni cilindriche (per installazione libera) o piane/semicilindriche (per installazione a parete)	1,3 ^b	0,8 ^c
diffusore a dislocamento per installazione sottopoltrona o a gradino (o similari)	1,3 ^b	1,3 ^d
diffusore ad alta induzione da pavimento	1,2 ^e	1,1 ^e
Note al prospetto: a. I diffusori a ugello, quando utilizzati sia per raffrescamento che per riscaldamento, sono normalmente dotati di servomotore o dispositivo termostatico per la modifica della inclinazione di lancio; i valori di efficienza riportati nel prospetto possono essere utilizzati solo quando viene garantita la posizione di lancio corretta in relazione con il tipo di funzionamento imposto. b. Nel funzionamento in raffrescamento la differenza di temperatura non può essere elevata (in generale $\Delta T < - 5\text{ K}$); per i limiti effettivi ci si deve riferire alle indicazioni tecniche del costruttore. c. Vale se $\Delta T \leq + 1.5\text{ K}$, per $+ 1.5 \leq \Delta T \leq + 3\text{ K}$ l'efficienza convenzionale si riduce. L'utilizzo di diffusori a dislocamento (nel riscaldamento) è escluso per $\Delta T > + 3\text{ K}$. d. Il funzionamento con $\Delta T > 0$ è in generale limitato alle, fasi di avviamento e messa a regime degli impianti e pertanto raramente impiegato per la determinazione della portata minima di aria esterna (condizioni di massimo affollamento). Per i limiti (sia in raffrescamento che in riscaldamento) della differenza tra il valore della temperatura dell'aria in immissione e quello della temperatura dell'aria in ambiente (ΔT) e della velocità di lancio dell'aria, in generale diversi e più elevati di quelli per i diffusori a dislocamento, ci si deve riferire alle indicazioni tecniche del costruttore.		

16.7.18 Prescrizioni relative ai sistemi aeraulici

Mantenimento di differenze di pressione al fine del confinamento degli ambienti

Per sfavorire o impedire il passaggio di aria attraverso le aperture presenti nell'involucro edilizio e/o nelle partizioni interne e attraverso i materiali permeabili all'aria, occorre mantenere l'ambiente da proteggere ad un valore di pressione più elevato rispetto a quello esistente nell'altro ambiente con esso confinante e da cui deve essere protetto. In accordo con tale principio di protezione, si realizzano ambienti interni in pressione o in depressione rispetto agli ambienti confinanti e/o all'esterno. Il mantenimento di una differenza di pressione è utilizzato al fine di:

- limitare o evitare l'ingresso negli ambienti di aria esterna;
- evitare trasferimenti indesiderati di aria e contaminanti tra ambienti diversi dell'edificio;
- controllare la fuoriuscita verso l'ambiente esterno di aria contaminata che necessita di un trattamento di filtrazione per abbattere i contaminanti prima dell'espulsione.

Per mantenere nell'ambiente una sovrappressione, vi si immette una portata maggiore di quella estratta; viceversa, per mantenere in ambiente una depressione si provvede ad estrarre una portata superiore a quella immessa.

Nota: la progettazione e la realizzazione dell'involucro edilizio esterno e delle partizioni interne devono garantire una buona tenuta all'aria di tali elementi. Essa assume una grande rilevanza sia ai fini della qualità ambientale sia ai fini del contenimento dei consumi e ai fini dell'efficienza energetica degli edifici.

Ambienti in sovrappressione

Per tutti i locali in cui viene immessa una portata di aria esterna, e salvo i casi trattati al paragrafo relativo, va mantenuta una sovrappressione non inferiore a 2 Pa. Tale sovrappressione è da mantenere tra l'ambiente interno di assegnata classe qualitativa dell'aria e:

- l'ambiente esterno se confinante;
- gli ambienti interni confinanti caratterizzati da una classe di qualità dell'aria inferiore;
- gli ambienti interni confinanti nei quali si effettua solo l'estrazione di aria verso l'esterno.

Ambienti in depressione

Nei locali nei quali vi siano sorgenti di contaminazione in grado di rilasciare contaminanti che non devono migrare in altri ambienti interni o essere rilasciati in modo incontrollato nell'ambiente esterno, in deroga a quanto indicato al paragrafo relativo, va mantenuta una differenza di pressione non inferiore a 5 Pa. Tale depressione è da mantenere tra l'ambiente interno e:

- l'ambiente esterno se confinante;
- gli ambienti interni confinanti caratterizzati da una classe di qualità dell'aria superiore;

- gli ambienti interni confinanti nei quali si effettua solo l'estrazione di aria verso l'esterno.

Nella relazione di progetto vanno esplicitati e adeguatamente descritti l'esigenza che motiva l'adozione di un ambiente in depressione, il valore di depressione scelto ai fini del confinamento e le soluzioni previste per ottenerlo e mantenerlo.

Distanze minime su piano orizzontale da rispettare tra presa di aria e potenziali sorgenti esterne di contaminazione

Sorgenti esterne di contaminazione	Distanza minima [m]
espulsione di aria di classe di qualità media ⁽¹⁾	3
espulsione di aria di classe di qualità bassa ⁽¹⁾	5
espulsione di aria di classe di qualità molto bassa ⁽²⁾	10
esalatori di reti idrauliche che terminano a meno di un metro (< 1 m) sopra al livello della presa d'aria esterna	3
esalatori di reti idrauliche che terminano a più di un metro (≥ 1 m) sopra al livello della presa d'aria esterna	1
scarichi, camini, apparati di combustione ⁽³⁾	5
ingresso di garage, aree di carico e scarico da autoveicoli e mezzi di trasporto pubblico	5
aree di carico e scarico di camion e altri mezzi di trasporto merci, aree di sosta prolungata (con motore acceso)	7,5
strade, parcheggi o qualunque luogo in cui possa esserci circolazione di vetture	1,5
strade con elevati volumi di traffico	7,5
punti di stoccaggio e raccolta di rifiuti	5
presa d'aria o vasche di raccolta di torri di raffreddamento	5
espulsioni di torri di raffreddamento	7,5
Note (1) La distanza minima va rispettata tra la presa d'aria di un sistema di ventilazione e la griglia di espulsione di un altro diverso sistema di ventilazione. (2) Questa distanza minima non viene presa in considerazione per espulsioni da cappe di laboratorio o altre espulsioni da impianti o apparati di processo per i quali deve essere prevista una specifica analisi del rischio. (3) Fatto salvo quanto previsto dalla normativa vigente relativa agli scarichi da apparati di combustione.	

La presa dell'aria esterna deve prevedere una rete antivoltale, con maglia non superiore a 13 mm, realizzata con materiale non soggetto a corrosione. Detta rete deve essere montata all'interno della presa di aria in modo da evitare la nidificazione tra presa di aria e rete.

Le griglie e i terminali di espulsione dell'aria da impianti aeraulici devono essere posizionati nel rispetto di vincoli eventualmente imposti dai regolamenti edilizi o igienici locali e comunque non in prossimità di passaggi pedonali. Nel dimensionamento e nel posizionamento delle espulsioni va agevolato l'allontanamento dell'aria e dei contaminanti contenuti nell'aria espulsa e la loro miscelazione con l'aria dell'ambiente esterno (tenendo conto della direzione prevalente del vento nella

località e della presenza di ostacoli).

Il posizionamento deve evitare l'ingresso di pioggia e l'ostruzione della superficie di uscita da parte del manto nevoso eventualmente presente su coperture orizzontali e/o con ridotta pendenza. A tal fine valgono le indicazioni relative alle prese di aria esterna.

Appendici allegate

APPENDICE A
(Informativa)

QUALITÀ DELL'ARIA

A.1 CLASSIFICAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA INTERNA IN BASE AL VALORE DELLA CONCENTRAZIONE DI CO₂

Carbonio e idrogeno contenuti nei cibi vengono ossidati a CO₂ e H₂O, e questi vengono eliminati dal corpo come prodotti di scarto. Il livello di attività fisica svolta da una persona determina il tasso di consumo (quantità consumata per unità di tempo) di ossigeno ed il tasso di produzione di anidride carbonica.

Per un singolo ambiente in cui siano presenti **N** persone (e non vi siano fiamme o altre sorgenti di anidride carbonica), una equazione di bilancio di massa in condizioni stazionarie mette in relazione la variazione di concentrazione di anidride carbonica con la portata di rinnovo **V** (diluizione con aria esterna) e con le persone presenti ed il loro livello di attività fisica:

$$C_i - C_o = \frac{N \cdot g_{CO_2}}{V}$$

[A.1]

Dove :

- C_i concentrazione di anidride carbonica in ambiente indoor (e nell'aria estratta) [µg m⁻³];
- C_o concentrazione di anidride carbonica nell'aria esterna utilizzata per il rinnovo [µg m⁻³];
- N** numero di persone presenti;
- g_{CO₂} tasso volumico di produzione di anidride carbonica per persona

[µg s⁻¹ persona⁻¹]
- V** portata volumica di rinnovo

[m³ s⁻¹]

La differenza tra concentrazione di anidride carbonica nell'aria presente nell'ambiente indoor e quella nell'aria all'esterno può essere considerata un indicatore della capacità della ventilazione di diluire l'anidride carbonica e gli altri contaminanti prodotti dalle persone presenti in ambiente in relazione al loro livello di attività fisica. Pertanto, la differenza di concentrazione di anidride carbonica può essere utilizzata per definire le classi di qualità dell'aria interna, come riportato nel Prospetto A.1.

Il Prospetto riporta per le tre classi di qualità dell'aria considerate nella presente norma (elevata, media e bassa), oltre agli intervalli della differenza di concentrazione di anidride carbonica che definiscono la classe, anche la corrispondenza con la classificazione adottata nella UNI EN 13779.

La classificazione in base alla concentrazione di CO₂ è utilizzabile solo quando non vi siano nei locali, oltre alle persone, altre sorgenti di anidride carbonica (ad esempio fiamme libere, combustione di tabacco).

Prospetto A.1 - Classificazione della qualità dell'aria interna sulla base del valore della differenza di concentrazione di CO₂ tra aria interna e aria esterna

Classe di qualità dell'aria	Corrispondenza UNI EN 13779:2008	Differenza di concentrazione di CO ₂ tra aria interna e aria esterna [ppm]
Elevata	IDA 1	≤ 400
Media	IDA 2	400 - 600
Bassa	IDA 3	601 - 1000
-	IDA 4	> 1000

A.2 Qualità dell'aria esterna

Per la classificazione di qualità dell'aria esterna si fa riferimento alle disposizioni relative alla qualità dell'aria ambiente di cui al D.lgs. 13 agosto 2010, n. 155 (Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa). La valutazione della qualità dell'aria ambiente è il presupposto per l'individuazione delle aree di superamento dei valori, dei livelli, delle soglie e degli obiettivi di risanamento previsti per le aree di superamento delle soglie di qualità.

Il citato D.Lgs. 155/2010, oltre a fornire una metodologia di riferimento per la caratterizzazione delle zone (zonizzazione), definisce i valori di riferimento che permettono una valutazione della qualità dell'aria, su base annuale, in relazione alle concentrazioni dei diversi inquinanti.

In particolare vengono definiti:

- Valore Limite (VL): Livello che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato
- Valore Obiettivo: Livello da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita
- Livello Critico: Livello oltre il quale possono sussistere rischi o danni per ecosistemi e vegetazione, non per gli esseri umani
- Margine di Tolleranza: Percentuale del valore limite entro la quale è ammesso il superamento del VL
- Soglia di Allarme: Livello oltre il quale sussiste pericolo per la salute umana, il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive
- Soglia di Informazione: Livello oltre il quale sussiste pericolo per la salute umana per alcuni gruppi sensibili, il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive
- Obiettivo a lungo termine: Livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate
- Indicatore di esposizione media: Livello da verificare sulla base di selezionate stazioni di fondo nazionali che riflette l'esposizione media della popolazione
- Obbligo di concentrazione dell'esposizione: Livello da raggiungere entro una data prestabilita
- Obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione: Riduzione percentuale dell'esposizione media rispetto ad un anno di riferimento, da raggiungere entro una data prestabilita.

Nella tabelle che seguono sono riportati, per ogni inquinante, i valori limite e di riferimento contenuti nel D.Lgs. 155/2010.

Prospetto A.2 - Valori limite di concentrazione dei contaminanti per la qualità dell'aria ambiente DLgs 155/10 (Allegato XI)

INQUINANTE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE LIMITE	
Biossido di zolfo	Orario (non più di 24 volte all'anno)	350	µg/m ³
	Giornaliero (non più di 3 volte all'anno)	125	µg/m ³
Biossido di azoto	Orario (per non più di 18 volte all'anno)	200	µg/m ³
	Annuo	40	µg/m ³
Benzene	Annuo	5	µg/m ³
Monossido di carbonio	Media max giornaliera su 8 ore	10	µg/m ³
Particolato PM 10	Giornaliero (non più di 35 volte all'anno)	50	µg/m ³
	Annuo	40	µg/m ³
Particolato PM 2.5	Annuo al 2010 (+MT) [valore di riferimento]	29	µg/m ³
-	Annuo al 2015	25	µg/m ³
Piombo	Anno	0.5	µg/m ³

Prospetto A.3 - Concentrazione dei contaminanti per la qualità dell'aria ambiente: livelli critici per la vegetazione DLgs 155/10 (Allegato XI)

INQUINANTE	PERIODO DI MEDIAZIONE	LIVELLI CRITICI PER LA VEGETAZIONE	
Biossido di zolfo	Annuale	20	µg/m³
	Invernale (1 ott.- 31 mar.)	125	µg/m³
Ossidi di azoto (NOx)	Annuo	30	µg/m³

Prospetto A.4 - Concentrazione dei contaminanti per la qualità dell'aria ambiente: soglie di allarme per inquinanti diversi dall'ozono (SO₂ e NO₂) - DLgs 155/10 (Allegato XII)

INQUINANTE	PERIODO DI MEDIAZIONE	SOGLIA DI ALLARME	
Biossido di zolfo	Per 3 ore consecutive in una stazione con rappresentatività > 100 km²	500	µg/m³
Biossido di azoto	Per 3 ore consecutive in una stazione con rappresentatività > 100 km²	400	µg/m³

Prospetto A.5 - Concentrazione dei contaminanti per la qualità dell'aria ambiente: valori obiettivo e obiettivi a lungo termine per l'ozono - DLgs 155/10 (Allegato VII)

VALORI OBIETTIVO			
Finalità	Periodo di mediazione	Valore obiettivo (1.1.2010)	Data raggiungimento ⁽²⁾
Protezione della salute umana	Media su 8 ore massima giornaliera nell'arco di un anno civile	120 µg/m³ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni	2013 (dati 2010 - 2012)
Protezione della vegetazione	AOT40 ⁽¹⁾ Calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	18000 µg/m³h come media su 5 anni	2015 (dati 2010 - 2014)
VALORI OBIETTIVO			
Finalità	Periodo di mediazione	Obiettivo a lungo termine	Data raggiungimento ⁽³⁾
Protezione della salute umana	Media su 8 ore massima giornaliera nell'arco di un anno civile	120 µg/m³	Non definito
Protezione della vegetazione	AOT40 ⁽¹⁾ Calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	6000 µg/m³h	Non definito

(1) AOT40 (espresso in µg/m³h) si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni >80 µg/m³ e 80 µg/m³ rilevate in un dato periodo di tempo: utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00 (ora dell'Europa centrale)

(2) Data entro la quale deve essere raggiunto il valore obiettivo

(3) Data entro la quale deve essere raggiunto l'obiettivo a lungo termine

Prospetto A.6 - Concentrazione dei contaminanti per la qualità dell'aria ambiente: soglie di informazione e di allarme per l'ozono - DLgs 155/10 (Allegato XII)

FINALITÀ	PERIODO DI MEDIAZIONE	SOGLIA
Informazione	1 ora	180 µg/m ³
Allarme	1 ora ⁽¹⁾	240 µg/m ³

(1) Per l'applicazione dell'art.10 comma 1, deve essere misurato o previsto un superamento per tre ore consecutive

Prospetto A.7 - Concentrazione dei contaminanti per la qualità dell'aria ambiente: valori obiettivo al 31/12/2012 per arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene - DLgs 155/10 (Allegato XIII)

INQUINANTE	PARAMETRO	VALORI OBIETTIVO
Arsenico	Tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile	6,0 ng/m ³
Cadmio		5,0 ng/m ³
Nichel		20,0 ng/m ³
Benzo(a)pirene		1,0 ng/m ³

Ai fini della classificazione della qualità dell'aria esterna, si può fare riferimento alla zonizzazione del territorio in base al livello di qualità dell'aria, come prevista dal D.Lgs. 155/2010 e dalla normativa previgente (D.lgs 351/99 e DM 60/02 di attuazione) e ai relativi obblighi in capo alle Regioni. Queste ultime devono effettuare una valutazione preliminare della qualità dell'aria al fine di suddividere il territorio in zone omogenee di concentrazione degli inquinanti indicati dal DM 60/02.

Nel Prospetto A.8 è riportata la descrizione delle classi di qualità, come riportata nelle normative in riferimento ai Piani di Mantenimento previsti dalla legislazione vigente.

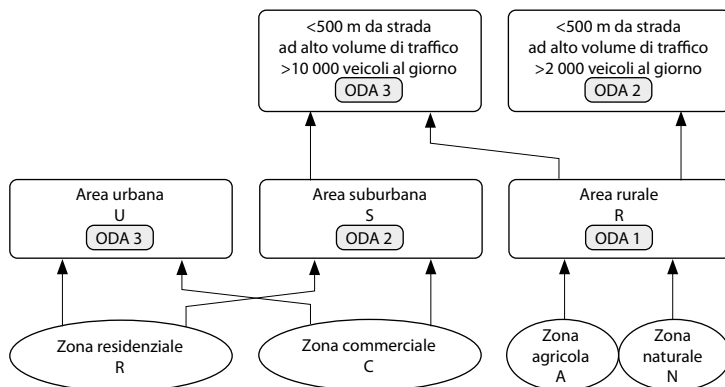
Prospetto A.8 - Descrizione delle classi di qualità dell'aria esterna in riferimento ai Piani di Mantenimento previsti dalla legislazione vigente

Classe di qualità dell'aria esterna	Descrizione*
Elevata	Aria in cui non si superano mai i limiti di concentrazione dei contaminanti indicati dalla O.M.S. come riferimento e/o qualunque altro limite stabilito dai vigenti provvedimenti.
Media	Aria in cui uno o più contaminanti supera i limiti di concentrazione indicati dalla O.M.S. come riferimento e/o qualunque altro limite stabilito dai vigenti provvedimenti sulla qualità dell'aria entro il 150% del valore massimo ammesso.
Bassa	Aria in cui la concentrazione di uno o più contaminanti supera i limiti indicati dalla O.M.S. come riferimento e/o qualunque altro limite stabilito dai vigenti provvedimenti legislativi sulla qualità dell'aria oltre il 150% del valore massimo ammesso.

* Qualità dell'aria esterna nelle zone di applicazione dei Piani di Azione da parte delle Regioni e delle Province Autonome che hanno provveduto alla zonizzazione del territorio in base alla legislazione vigente.

In assenza di una mappa del territorio che riporti le Zone di Mantenimento, di Risanamento o di Azione, è possibile individuare la classe di qualità dell'aria esterna consultando le banche dati che riportano i valori attuali e storici (medie annuali) delle concentrazioni di contaminanti misurate dalle stazioni di rilevamento della qualità dell'aria, oppure seguendo la procedura schematizzata in Figura A.1.

Figura A.1 - Schema per la determinazione della qualità dell'aria esterna



- 1) individuare la destinazione d'uso della zona in cui è ubicato l'edificio in questione: residenziale, R, commerciale, C, agricola, A, naturale, N;
- 2) classificare l'area di appartenenza della zona, indicazioni secondo i seguenti criteri:
 - area urbana: centro urbano di consistenza rilevante per le emissioni atmosferiche, con più di 3000-5000 abitanti;
 - area suburbana: periferia di una città o area urbanizzata residenziale posta fuori dall'area urbana principale;
 - area rurale: esterno di una città, a una distanza da questa pari almeno a 3 km; centro urbano con meno di 3000-5000 abitanti;
- 3) individuare in Figura A.1 la classe di qualità dell'aria;
- 4) Verificare, per l'area suburbana e per quella rurale, se l'edificio si trova in prossimità di grandi arterie di traffico; in caso affermativo, declassare la qualità dell'aria rispettivamente da ODA 2 a ODA 3 e da ODA 1 a ODA2 oppure ODA3.

Questa procedura può essere utilizzata solo nei territori non ancora coperti dalla valutazione della qualità dell'aria prevista dalla legislazione vigente e non è applicabile in zone industriali.

A.3 Qualità dell'aria: valori-guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS)

Oltre ai valori limite contemplati dalla legislazione nazionale, si richiamano le indicazioni redatte dall'Organizzazione Mondiale della Sanità. L'OMS riporta, per alcuni inquinanti, "valori guida di qualità dell'aria" che indicano i "livelli di concentrazione nell'aria degli inquinanti, associati a tempi di esposizione, al di sotto dei quali non sono attesi effetti avversi per la salute, secondo le evidenze scientifiche disponibili".

In particolare:

Prospetto A.9 - Valori guida della qualità dell'aria indicati dall'OMS

SOSTANZA	VALORE GUIDA	TEMPO DI MEDIAZIONE
Inquinanti "convenzionali"		
NO ₂		
	200 µg/m ³	1 ora
	40 µg/m ³	Annuale
SO ₂		
	500 µg/m ³	10 minuti
	20 µg/m ³	24 ore
CO		
	100 mg/m ³	15 min
	60 mg/m ³	30 min
	30 mg/m ³	1 ora
	10 mg/m ³	8 ore
O ₃		
	100 µg/m ³	8 ore
PM 2.5		
	10 µg/m ³	Annuale
	25 µg/m ³	24 ore
PM 10		
	20 µg/m ³	Annuale
	50 µg/m ³	24 ore
Inquinanti organici		
Toluene		
	260 µg/m ³	Settimana
Xileni		
	4800 µg/m ³	24 ore

A.4 Riferimenti per la qualità dell' aria interna

Nel Prospetto A.3 sono riportati i valori limite della concentrazione in aria per gli inquinanti più diffusi negli ambienti interni secondo la legislazione vigente in Italia alla pubblicazione della presente Norma. Nel Prospetto sono anche indicati i valori limite previsti da altri Enti e/o Organizzazioni.

Prospetto A .10 - Esempi di valori limite raccomandati per alcuni contaminanti presenti negli ambienti interni

Inquinanti	Valore limite di concentrazione in aria			Periodo di mediazione
	µg/m ³	ppm	Bq m ³	
CO	10000 ^a	9		8 ore
Particolato				
PM10	40 ^a 20 ^b	-		anno
	50 ^b	-		24 ore
PM2,5	10 ^b	-		anno
	25 ^b			24 ore
Ozono	100 ^b	0,5		8 ore
COV (Composti Organici Volatili) totali	400 ^b	-		-
	500 ^b	-		1 ora
Radon ^b			100	anno
^a DM n.60 02/04/2002		^e NOR (NHD) (1990)		
^b WHO Air Quality Guidelines Global Update 2005		^d National Health and Medical Council, Australia		

I livelli di CO, particolato, ozono e COV rappresentano i livelli di riferimento che non devono essere superati grazie all'azione dell'impianto di trattamento dell'aria: alla presenza di altri contaminanti specifici noti, l'impianto in funzione dovrà inoltre permettere il rispetto dei corrispondenti limiti indicati dalla Organizzazione Mondiale della Sanità (World Health Organization) e qualunque altro limite corrispondente stabilito dai vigenti provvedimenti legislativi sulla qualità dell'aria. I metodi di misura delle concentrazioni dovranno essere conformi a quanto riportato nella più recente edizione del documento "Air quality guidelines for Europe" emanata da "World Health Organization Regional Office for Europe". Particolare attenzione deve essere riservata all'eventuale presenza di contaminanti classificati come cancerogeni di classe 1 dallo I.A.R.C., come fumo di tabacco, PM2.5, benzene, idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e radon. Per questa tipologia di contaminanti non può essere stabilito un limite minimo di concentrazione raccomandato: la concentrazione di queste sostanze deve essere mantenuta al minimo possibile. L'Organizzazione Mondiale della Sanità raccomanda di eliminare o ridurre il più possibile la presenza di cancerogeni di classe 1 e di mettere in atto opportuni interventi correttivi negli ambienti dove la concentrazione del radon supera il livello medio annuale di 100 Bq/m³.

16.7.19 La manutenzione

In questi ultimi anni si è vista la creazione di protocolli d'intervento relativi alla manutenzione dei sistemi di ventilazione. Essi sono stati redatti sotto forma di guide che prevedono l'ispezione dei filtri, il controllo dei sistemi di climatizzazione, le verifiche periodiche di tutti i sistemi interessati (UTA, canalizzazioni, terminali, diffusori, batterie, ecc.) ed in particolar modo nella messa in esercizio, durante il loro utilizzo e dopo l'effettuazione di qualsiasi modifica, dell'impianto stesso. I sistemi di condizionamento dell'aria e di ventilazione devono essere progettati, costruiti ed installati in modo tale da consentire la pulizia di tutte le superfici interne e di tutti i componenti, in conformità alle disposizioni della EN 12097 e di altre normative di riferimento. Ciò costituisce premessa indispensabile affinché tali sistemi possano funzionare ed essere sottoposti a manutenzione in modo tale che i requisiti igienici siano permanentemente rispettati.

La norma europea UNI EN 15780:2011 definisce le procedure e le modalità d'intervento per la manutenzione degli impianti di climatizzazione.

16.8 Revisione della 10339

(in fase di definizione e approvazione)

Progettazione di impianti aeraulici per la climatizzazione e per la ventilazione

A cura di: UNI/CT 241

Impianti di climatizzazione: progettazione, installazione, collaudo e prestazioni (UNI/TS 11300-3)

(stralcio inerente la qualità dell'aria)

La nuova revisione della 10339 in fase di scrittura è stata suddivisa in quattro parti principali:

- UNI 10339 - 1 - Definizioni e classificazione. Prescrizioni relative a componenti e a sistemi aeraulici.
- UNI 10339 - 2 - Procedure per la progettazione, l'offerta e la fornitura di impianti aeraulici.
- UNI 10339 - 3 - Requisiti di qualità dell'aria e prestazioni degli impianti aeraulici a servizio di edifici e ambienti non residenziali.
- UNI 10339 - 4 - Requisiti di qualità dell'aria e prestazioni degli impianti aeraulici a servizio di edifici e ambienti residenziali.

16.8.1 Parte 1: Definizioni e classificazione. Prescrizioni relative a componenti e a sistemi aeraulici

(in fase di approvazione)

PREMESSA

La serie UNI 10339, con riferimento agli impianti aeraulici per la climatizzazione e per la ventilazione di edifici e di ambienti, residenziali e non residenziali, indica e definisce:

- 1) scopi e funzioni svolte;
- 2) tipologie e classificazione;
- 3) adozione e caratteristiche (di componenti, di parti di impianto e di sistemi impiantistici) richieste ai fini della qualità dell'aria e dell'ambiente interno;
- 4) adozione e caratteristiche (di componenti, di parti di impianto e di sistemi impiantistici) richieste ai fini della efficienza energetica;
- 5) procedure della progettazione e della gara d'appalto;
- 6) fasi e livelli di progettazione e, per ognuno di essi, contenuti minimi del progetto, degli elaborati e, ove previste, delle relazioni di calcolo, di dimensionamento e di verifica;
- 7) elementi del capitolato tecnico d'appalto, del computo metrico, dell'offerta e del contratto;

- 8) qualità dell'aria e metodi prescrittivo e prestazionale per la progettazione ed il dimensionamento della ventilazione in ambienti ed edifici non residenziali;
- 9) qualità dell'aria e metodi prescrittivo e prestazionale per la progettazione ed il dimensionamento della ventilazione in ambienti ed edifici residenziali.

La serie UNI 10339 riguarda gli impianti aeraulici per la climatizzazione e la ventilazione degli edifici. Tali impianti controllano la qualità dell'aria interna e, quando previsto, le condizioni termo-igrometriche, con ciò limitando potenziali effetti negativi dei contaminanti sulla salute e promuovendo migliori condizioni di benessere per le persone che vi soggiornano o vi svolgono le proprie attività. La serie UNI 10339 fornisce indicazioni per la progettazione degli impianti aeraulici per la climatizzazione e per la ventilazione. Si occupa pertanto del ruolo fondamentale della ventilazione meccanica (eventualmente in combinazione con l'aerazione e con la ventilazione naturale) ovvero quello di ottenere, in presenza di sorgenti di contaminanti e di vapor d'acqua interne ed esterne agli edifici, desiderati livelli di qualità dell'aria interna e di umidità relativa evitando loro potenziali effetti negativi sulla salute delle persone. Il controllo della qualità dell'aria e dell'umidità relativa negli ambienti interni contribuisce anche all'aumento del benessere connesso con la percezione dei contaminanti. Gli impianti aeraulici, per svolgere queste funzioni, ricorrono sia alla diluizione (ricambio) con aria esterna, sia alla filtrazione (separazione e abbattimento) dei contaminanti. La ventilazione meccanica negli impianti aeraulici può essere strumento efficace ed efficiente anche ai fini del contenimento dei consumi di energia per la climatizzazione degli edifici. Nella serie UNI 10339 gli impianti aeraulici sono considerati sia per quanto attiene la qualità dell'aria sia per quanto riguarda l'efficienza energetica. La serie UNI 10339 non tratta gli aspetti di progettazione relativi al controllo dell'ambiente termico ed al benessere termo-igrometrico. Per questi aspetti si faccia riferimento alla norma UNI EN ISO 7730 ed alla norma UNI EN 16798-1. La serie UNI 10339 è strumento per la progettazione ed è coerente con le norme elaborate dal CEN nell'ambito del mandato M/543 a supporto dei vigenti regolamenti di attuazione delle Direttive Europee Ecodesign ed Erp.

Scopo e campo di applicazione

La serie UNI 10339 riguarda gli impianti aeraulici per la climatizzazione e per la ventilazione utilizzati per ottenere le desiderate condizioni termo-igrometriche e/o per limitare potenziali effetti negativi dei contaminanti presenti nell'aria sulla salute e/o per promuovere migliori condizioni di benessere per le persone.

La serie UNI 10339 si applica agli impianti aeraulici installati sia in edifici e ambienti residenziali sia in edifici e ambienti non residenziali, ma non considera gli edifici industriali e gli ambienti nei

quali la climatizzazione ha finalità di conseguire condizioni termo-igrometriche e di qualità dell'aria richieste da processi o da esigenze di conservazione di materiali o manufatti.

Sono dunque esclusi dal campo di applicazione della presente norma:

- gli impianti aeraulici destinati a scopi diversi dal benessere delle persone, quali per esempio la conservazione di manufatti o di prodotti deteriorabili;
- gli impianti aeraulici in ambienti adibiti ad attività di processo, industriale e artigianale;
- gli impianti in musei, archivi, biblioteche e edifici di interesse storico e artistico nei quali le esigenze di controllo ambientale ai fini della conservazione preventiva dei materiali e delle opere siano diverse e preminenti rispetto a quelle richieste dalla tutela della salute e del benessere delle persone;
- gli impianti aeraulici per i blocchi operatori e in ambienti destinati a interventi chirurgici;
- gli impianti di riscaldamento invernale e/o di raffrescamento estivo in ambienti privi di ventilazione meccanica;
- gli impianti aeraulici in ambienti in cui sia consentita la presenza di fumatori, per i quali si rimanda alle disposizioni di legge e alle normative tecniche specifiche.

La UNI 10339-1, per gli impianti aeraulici di climatizzazione, ai fini della salute e del benessere delle persone, indica e definisce:

- 1) scopi perseguiti e funzioni svolte;
- 2) tipologie e classificazione;
- 3) adozione e caratteristiche (di componenti, di parti di impianto e di sistemi impiantistici) richieste ai fini della qualità dell'aria e dell'ambiente interno;
- 4) adozione e caratteristiche (di componenti, di parti di impianto e di sistemi impiantistici) richieste ai fini della efficienza energetica.

Termini e definizioni

Ai fini della presente norma si applicano i termini e le definizioni seguenti.

- **aerazione:** Ventilazione naturale ottenuta aprendo le finestre.
- **aria di esfiltrazione:** Aria interna che esce dall'ambiente interno attraverso soluzioni di continuità presenti nell'involucro.
- **aria di infiltrazione:** Aria esterna che entra nell'ambiente interno attraverso soluzioni di continuità presenti nell'involucro.
- **aria di ricircolo:** cfr. **aria ricircolata**.
- **aria espulsa:** Aria scaricata nell'ambiente esterno.

- **aria esterna:** Aria che entra nell'impianto aeraulico e da questo nell'ambiente interno, oppure direttamente nell'ambiente interno attraverso aperture nell'involucro edilizio (comprese eventuali infiltrazioni).
- **aria estratta:** Aria che lascia il locale trattato.
- **aria immessa:** Aria trattata immessa in ambiente; può essere tutta aria esterna, una miscela di aria esterna e di aria di ricircolo oppure tutta aria di ricircolo.
- **aria interna:** Aria nel locale o nella zona trattata.
- **aria miscelata:** Flusso d'aria ottenuto mediante miscela di due o più flussi d'aria differenti per origine e/o condizioni.
- **aria primaria:** Aria esterna trattata, immessa negli ambienti serviti dall'impianto.
- **aria ricircolata:** Aria estratta da un locale e, dopo aver subito un trattamento, reimpressa nello stesso locale oppure nello stesso e in altri locali.
- **aria secondaria:** Aria che viene trattata in un apparato posto nello stesso locale in cui è utilizzata (p.e. in un ventilconvettore) oppure estratta, trattata e reimpressa nello stesso locale.
- **aria trasferita:** Aria interna che passa da un locale trattato a un altro locale trattato.
- **arrestanza di filtrazione per il particolato (anche indicata come efficienza gravimetrica):** Misura della capacità di rimuovere, in specificate condizioni operative, una massa di particolato standard di prova dall'aria che attraversa il filtro; viene espressa come percentuale della massa arrestata rispetto a quella presente a monte del filtro.
- **climatizzazione:** Realizzazione e mantenimento simultaneo in un ambiente delle condizioni termiche, igrometriche, di qualità e movimentazione dell'aria con ciò limitando potenziali effetti negativi dei contaminanti sulla salute e promuovendo migliori condizioni di benessere per le persone che vi soggiornano e/o vi svolgono le proprie attività.

Nota: è molto utilizzato il sinonimo Condizionamento dell'aria.

- **benessere relativo alla qualità dell'aria:** Condizione mentale in cui un soggetto non ha percezione avversa dei contaminanti ed esprime soddisfazione nei confronti della qualità dell'aria.
- **benessere termico:** Condizione mentale in cui un soggetto esprime soddisfazione nei confronti dell'ambiente termico.
- **condizionamento dell'aria:** vedere **climatizzazione**.
- **contaminante:** Sostanza presente nell'aria sotto forma di particolato (vedere 3.30) o di aeriforme dalla quale possono derivare effetti negativi per la salute delle persone e/o per il benessere relativo alla qualità dell'aria.
- **deumidificazione:** Sottrazione di acqua all'aria per ridurre il valore dell'umidità relativa

dell'aria in ambiente.

- **disegno come costruito (as-built):** Elaborato grafico che descrive l'opera come è stata realmente realizzata a seguito di modifiche progettuali in corso d'opera e/o di difformità tra progetto e realizzazione.
- **efficienza di un filtro:** Termine generale per indicare la capacità di un filtro di rimuovere un contaminante dall'aria. A seconda del tipo di contaminante e di filtro viene indicata come Arrestanza di un filtro per il particolato (cfr.), Efficienza di un filtro per il particolato ePMx (cfr.), Efficienza di un filtro per un contaminante aeriforme (cfr.).
- **efficienza di un filtro per il particolato ePMx:** Efficienza di un filtro nel ridurre la concentrazione in massa di particelle con dimensione (diametro ottico) compresa tra $0,3\ \mu\text{m}$ e $x\ \mu\text{m}$.
- **efficienza di un filtro per un contaminante aeriforme:** Efficienza di un filtro nel ridurre la concentrazione in massa di un contaminante aeriforme.
- **impianto aeraulico:** Insieme di componenti che provvedono a prelevare dall'esterno ed eventualmente a trattare e/o distribuire e/o espellere l'aria a fini di ventilazione o di climatizzazione.
- **impianto di climatizzazione:** Impianto aeraulico che realizza le funzioni specificate al punto 5.2.
- **impianto di ventilazione:** Impianto aeraulico che realizza le funzioni specificate al punto 5.2.
- **inquinante:** vedere **contaminante**.
- **particolato:** Contaminante sospeso nell'aria sotto forma di particella solida o di goccia liquida; rientrano nel particolato anche i contaminanti biologici (funghi, spore, batteri, virus) presenti nell'aria o trasportati da particelle solide e gocce di liquido.
- **perdita di aria dell'impianto aeraulico:** Aria che fuoriesce per difetti di tenuta dei componenti dell'impianto aeraulico.
- **raffrescamento:** Sottrazione di energia termica all'aria e/o all'ambiente da climatizzare.
- **riscaldamento:** Fornitura di energia termica all'aria e/o all'ambiente da climatizzare.
- **temperatura dell'aria:** Temperatura dell'aria misurata in un punto all'interno del volume convenzionale occupato (3.41) con idoneo sensore schermato rispetto ai flussi termici radianti.
- **umidificazione:** Fornitura di acqua all'aria per aumentare il valore dell'umidità relativa dell'aria in ambiente.
- **velocità dell'aria:** Velocità media dell'aria, ossia intensità del vettore velocità nel punto di misura considerato, in un intervallo di tempo (periodo di misura).
- **ventilazione:** Trattamento che opera il rinnovo e ove richiesto la filtrazione dell'aria.

- **ventilazione meccanica:** Ventilazione ottenuta con l'utilizzo di ventilatori.
- **ventilazione naturale:** Ventilazione ottenuta senza il ricorso a ventilatori.
- **volume convenzionale occupato:** Spazio considerato ai fini della valutazione delle condizioni di benessere.

Non tiene conto dei volumi adiacenti agli elementi edilizi e impiantistici in accordo con le distanze sotto riportate:

Distanza tra il pavimento e la superficie orizzontale che delimita inferiormente il volume convenzionale occupato pari a 0,10 m.

Distanza tra il pavimento e la superficie orizzontale che delimita superiormente il volume convenzionale occupato pari a 1,80 m.

Distanza tra le pareti verticali interne ed esterne, opache e trasparenti e la superficie verticale delimitante il volume convenzionale occupato pari a 0,6 m.

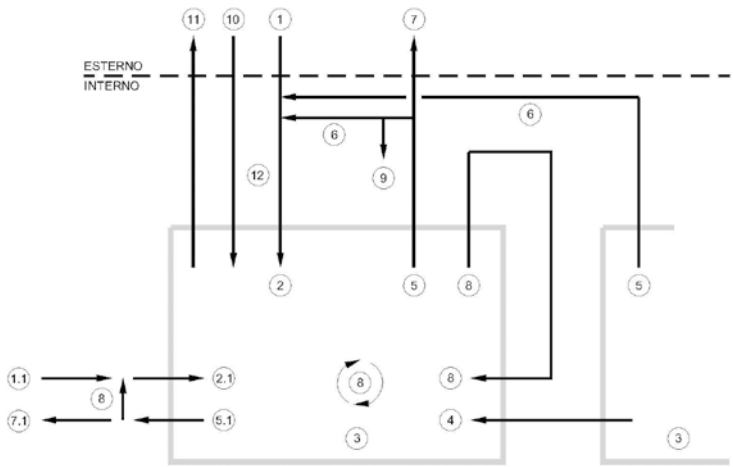
Distanza tra i terminali degli impianti di climatizzazione (se ubicati a un'altezza inferiore a 1,80 metri dal pavimento) e la superficie verticale delimitante il volume convenzionale occupato pari a 0,6 m.

Tipologie di trattamenti dell'aria

In relazione alla localizzazione dei trattamenti dell'aria illustrata in Figura 1, gli impianti aeraulici possono essere classificati nel seguente modo:

- impianti con trattamento centralizzato dell'aria immessa ossia impianti che utilizzano una o più unità centrali per il trattamento dell'aria esterna e dell'aria di ricircolo, quando prevista;
- impianti con trattamento centralizzato della sola aria esterna e trattamento in ambiente dell'aria secondaria;
- impianti con trattamento locale sia dell'aria primaria sia dell'aria secondaria.

Figura 1 - Flussi d'aria e localizzazione dei trattamenti (per la legenda si faccia riferimento al Prospetto 5)



Prospetto 1 - Tipologia dei flussi d'aria

N.	Tipologia di aria	Rif.
1	Esterna	ODA
2	Immessa	SUP
3	Interna	IDA
4	Trasferita	TRA
5	Estratta	ETA
6	Ricircolata	RCA
7	Espulsa	EHA
8	Secondaria	SEC
9	Di trafilamento	LEA
10	Di infiltrazione	INF
11	Di esfiltrazione	EXF
12	Miscelata	MIA
1.1	Esterna per singolo locale	SRO
2.1	Immessa per singolo locale	SRS
5.1	Estratta per singolo locale	SET
7.1	Espulsa per singolo locale	SEH

Nel caso di impianti misti con trattamento centralizzato della sola aria esterna, l'aria immessa viene detta aria primaria; negli stessi impianti l'aria trattata dai terminali locali viene detta aria secondaria

Impianti di climatizzazione a tutt'aria

Gli impianti a tutt'aria svolgono le funzioni loro assegnate esclusivamente mediante il trattamento e la distribuzione di aria agli ambienti serviti. Essi provvedono al trattamento centralizzato dell'aria immessa utilizzando una o più centrali per il trattamento dell'aria esterna e di ricircolo, quando prevista. Gli impianti a tutt'aria possono adottare una regolazione a portata costante oppure una regolazione mediante variazione di portata.

Impianti di climatizzazione misti

Gli impianti misti provvedono a svolgere le loro funzioni sia mediante trattamento e distribuzione di aria esterna (detta aria primaria), sia attraverso terminali che modificano le condizioni termo-igrometriche e/o effettuano il trattamento dell'aria (detta secondaria) in ambiente. I terminali in ambiente possono essere, tra gli altri, i ventilconvettori, i pannelli radianti, le travi fredde, l'unità interna di un impianto portata di refrigerante variabile, gli induttori, e possono essere alimentati con acqua o con altro fluido.

Impianti di climatizzazione localizzati

Gli impianti localizzati provvedono al trattamento direttamente in ambiente sia dell'aria (primaria) esterna sia dell'aria (secondaria) di ricircolo. Appartengono ad esempio a questa categoria le unità di trattamento locale dell'aria con presa di aria esterna, i condizionatori autonomi con presa di aria esterna, i condizionatori da finestra con presa di aria esterna e i ventilconvettori con presa di aria esterna.

Impianti di ventilazione

Gli impianti di ventilazione meccanica provvedono al rinnovo ed alla filtrazione dell'aria per uno o più fini: controllo della qualità dell'aria, controllo di umidità relativa, efficienza e recupero energetico.

Prescrizioni relative a componenti AERAILICI

Sistemi di umidificazione

Il processo di umidificazione può essere condotto mediante:

- aggiunta di acqua liquida e successiva evaporazione all'interno dell'aria da umidificare (umidificazione adiabatica);
- aggiunta di vapore prodotto esternamente in apposito generatore termico o elettrico (umidificazione isoterma).

Nella scelta del sistema di umidificazione si devono considerare le differenti prestazioni in termini di qualità dell'aria (proliferazione dei contaminanti microbiologici e utilizzo di composti chimici per

il trattamento dell'acqua e loro trasporto negli ambienti serviti dall'impianto) e di consumo energetico nella produzione di vapore o nel post-riscaldamento dell'aria a seguito del raffreddamento adiabatico. Inoltre, si devono considerare i differenti consumi di acqua in relazione con le efficienze di umidificazione. Data la criticità dal punto di vista della proliferazione dei contaminanti microbiologici e del loro trasporto negli ambienti serviti dall'impianto, quando si utilizza la umidificazione con acqua liquida è necessario escludere il ricircolo dell'acqua e adottare la soluzione con acqua a perdere.

I sistemi isotermini risultano generalmente più sicuri dal punto di vista della qualità dell'aria in termini di contaminazione microbiologica, ma devono essere attentamente valutate la presenza di composti chimici e l'efficienza energetica.

I sistemi adiabatici necessitano di cura per evitare la stagnazione dei liquidi, la conseguente proliferazione batterica e il trasporto dei contaminanti microbiologici negli ambienti serviti dall'impianto. L'acqua fornita deve essere trattata al fine di evitare residui post-evaporazione (per esempio: depositi, incrostazioni, formazioni di biofilm).

È necessario prestare attenzione alla scelta e all'efficienza dei separatori di gocce a valle della sezione di umidificazione adiabatica. I separatori di gocce devono essere di materiali non ossidabili e che non favoriscano la contaminazione dell'aria. Sia per i sistemi adiabatici sia per i sistemi isotermini occorre evitare che gocce di liquido arrivino sulle sezioni filtranti o sui silenziatori a valle del sistema di umidificazione. È necessario che i sistemi di umidificazione siano ispezionabili e manutenibili.

Sistemi di filtrazione

I filtri all'interno della centrale di trattamento aria devono essere distanziati correttamente rispetto a:

- prese di aria esterna, in relazione a fenomeni quali l'ingresso di acqua piovana e la formazione di ghiaccio;
- umidificatori.

I filtri per particolato devono essere sostituiti quando si verifica una delle seguenti condizioni:

- durante i controlli periodici si riscontra un danneggiamento o la perforazione del filtro oppure un eccessivo sporcamento o visibili fenomeni di proliferazione di contaminanti biologici;
- lo sporcamento porta a perdite di carico prossime a quelle massime di esercizio consigliate dal costruttore per evitare rischi di sfondamento;
- le perdite di carico determinano consumi energetici e/o costi economici non accettabili in una logica di analisi sul ciclo di vita operativa (Life Cycle Cost Analysis, LCCA).

In fase di progetto devono essere previste prese di pressione a monte e a valle delle sezioni di filtrazione, in modo da consentire la misura delle perdite di carico in continuo o in occasione delle ispezioni periodiche. Nel caso in cui non sia possibile adempiere a questa prescrizione, il progettista deve darne adeguata motivazione nella relazione di progetto.

Apparecchiature di contenimento dei filtri installati nelle unità di trattamento dell'aria e/o in canali

I sistemi di alloggiamento dei filtri, siano essi all'interno dell'UTA, a canale o installati in unità terminali di diffusione, devono garantire adeguata tenuta tra telaio del filtro e controtelaio di contenimento e tra questo e la struttura di alloggiamento, per evitare che vie di bypass consentano il passaggio di aria contaminata. Per i filtri di ventilazione generale (secondo UNI EN ISO 16890-1) la perdita di bypass del filtro deve rispettare quanto prescritto dalla UNI EN 1886 che specifica per ciascuna classe di filtrazione la perdita di portata totale ammissibile a 400 Pa e le modalità di prova per filtri installati in unità di trattamento aria. In assenza di norme specifiche, si raccomanda di adottare analoghi limiti per installazione a canale o su terminali di diffusione.

Per i filtri ad alta efficienza (EPA, HEPA, ULPA) secondo UNI EN 1822 vanno adottate prese di immissione e di campionamento di aerosol per l'esecuzione dei leakage test in accordo con la UNI EN ISO 14644-4.

Prescrizioni relative AI SISTEMI AERAILICI

Mantenimento di differenze di pressione al fine del confinamento degli ambienti

Per limitare o impedire il passaggio di aria attraverso le aperture presenti nell'involucro edilizio e/o nelle partizioni interne e attraverso i materiali permeabili all'aria, occorre mantenere l'ambiente da proteggere ad un valore di pressione più elevato rispetto a quello esistente nell'altro ambiente con esso confinante e da cui deve essere protetto. In accordo con tale principio di protezione, si realizzano ambienti interni in pressione o in depressione rispetto agli ambienti confinanti e/o all'esterno. Il mantenimento di una differenza di pressione è utilizzato al fine di:

- limitare o evitare l'ingresso negli ambienti di aria esterna in condizioni termo-igrometriche e di contaminazione sfavorevoli e/o non controllate;
- evitare trasferimenti indesiderati di aria e contaminanti tra ambienti diversi dell'edificio;
- controllare la fuoriuscita verso l'ambiente esterno di aria contaminata che necessita di un trattamento di filtrazione per abbattere i contaminanti prima dell'espulsione.

Per mantenere nell'ambiente una sovrappressione, vi si immette una portata maggiore di quella estratta; viceversa, per mantenere in ambiente una depressione si provvede ad estrarre una portata superiore a quella immessa.

Nota: la progettazione e la realizzazione dell'involucro edilizio esterno e delle partizioni interne devono garantire una buona tenuta all'aria di tali elementi. La tenuta all'aria ha grande rilevanza sia ai fini della qualità ambientale sia ai fini del contenimento dei consumi e dell'efficienza energetica.

Ambienti in sovrappressione

Per tutti i locali in cui viene immessa una portata di aria esterna, deve essere mantenuta una sovrappressione che per locali di altezza fino a 3 m non deve essere inferiore a 2 Pa. Tale sovrappressione è da mantenere tra l'ambiente interno e:

- l'ambiente esterno se confinante;
- gli ambienti interni confinanti caratterizzati da peggiori condizioni di qualità dell'aria;
- gli ambienti interni confinanti nei quali si effettua solo l'estrazione di aria verso l'esterno.

Nota: la differenza di pressione si intende misurata a porte e infissi, interni ed esterni, chiusi.

Ambienti in depressione

Nei locali nei quali vi siano sorgenti di contaminazione in grado di rilasciare contaminanti che non devono migrare in altri ambienti interni o essere rilasciati in modo incontrollato nell'ambiente esterno deve essere mantenuta una differenza di pressione, che per locali di altezza fino a 3 m, non deve essere inferiore a 5 Pa.

Tale depressione è da mantenere tra l'ambiente interno e:

- l'ambiente esterno se confinante;
- gli ambienti interni confinanti caratterizzati da una classe di qualità dell'aria superiore;
- gli ambienti interni confinanti nei quali si effettua solo l'immissione di aria esterna.

Nota: la differenza di pressione si intende misurata a porte e infissi, interni ed esterni, chiusi

Nella relazione di progetto devono essere esplicitati e adeguatamente descritti l'esigenza che motiva l'adozione di un ambiente in depressione, il valore di depressione scelto ai fini del confinamento e le soluzioni previste per ottenerlo e mantenerlo.

Taratura e bilanciamento dei circuiti aeraulici

Gli impianti aeraulici devono essere dotati di mezzi che consentano la taratura e il bilanciamento al fine di rispettare le portate progettuali minime previste per i vari rami della rete aeraulica e per ciascun terminale, destinato all'immissione o all'estrazione di aria, in ogni condizione di carico.

Tali valori debbono essere ottenuti tramite la taratura e vengono verificati in sede di collaudo.

Devono pertanto essere previste serrande di taratura e/o regolatori di portata. La documentazione di progetto deve riportare quanto è necessario predisporre e impiegare per la misura e il bilanciamento delle portate. In ogni caso devono essere rispettate le indicazioni della UNI EN 12599 per l'esecuzione delle operazioni di taratura preliminari al collaudo degli impianti.

NOTA: L'impiego di canali flessibili estensibili costituisce un elemento critico ai fini della qualità ambientale sia per la entità e la variabilità delle perdite di carico in relazione con il grado di estensione e con la curvatura e l'appoggio del canale stesso, sia per la possibilità di costituire sede preferenziale di deposizione e accumulo del particolato. La difficoltà connessa con la variabilità delle perdite di

carico ha effetto sulle operazioni di taratura e bilanciamento delle reti. Si raccomanda pertanto di limitare quanto più possibile l'impiego dei canali flessibili estensibili e la loro lunghezza, evitando di coprire con canale flessibile tratti superiori ad 1 metro. Si raccomanda inoltre di prevedere la ispezionabilità ai fini del controllo del corretto posizionamento e del supporto del canale flessibile, nonché del grado di estensione in opera. La classe di reazione al fuoco deve essere quella prevista dai regolamenti vigenti.

Progettazione e posizionamento delle prese di aria esterna e delle espulsioni in ambiente esterno

Le prese di aria esterna devono essere progettate in modo da evitare o contenere il trascinamento di gocce di pioggia, fiocchi di neve e/o pioggia mista a neve. A tal fine la presa di aria deve essere dimensionata per una velocità dell'aria in ingresso non superiore a 2 m s^{-1} riferita alla sezione effettiva di passaggio. In ogni caso si devono evitare potenziali ristagni a valle della stessa.

Le prese di aria esterna devono essere posizionate in modo che si trovino il più lontano possibile da potenziali sorgenti esterne di contaminanti. Occorre anche limitare l'ingresso di aria a temperature influenzate da particolari condizioni esterne (ad esempio quelle derivanti da componenti impiantistici, quali condensatori di gruppi frigoriferi, e da superfici esposte all'irraggiamento). Le prese d'aria devono inoltre essere poste a non meno di 6 metri in verticale dal piano stradale in zone interessate da passaggio di veicoli a motore a combustione interna e a non meno di 3 metri in verticale in tutti gli altri casi. In caso di comprovata impossibilità tecnica, il progettista deve adottare e dichiarare adeguate misure compensative. Le prese di aria posizionate su superfici verticali in prossimità di coperture piane o di coperture con ridotta pendenza (inferiore a 15°) debbono rispettare una distanza minima in verticale da tali superfici non inferiore a 0,5 metri o a 1,5 volte lo spessore dello strato di neve prevedibile o utilizzato per il calcolo strutturale della copertura.

Nel dimensionamento e nel posizionamento di prese di aria e di espulsioni dei circuiti aerulici devono essere rispettati i limiti di rumorosità imposti dalla legislazione e dalle norme vigenti.

Le prese d'aria esterna devono essere collocate in modo tale che la più breve distanza su un piano orizzontale tra la presa e una qualsiasi potenziale sorgente di contaminazione esterna sia uguale o maggiore alle distanze indicate nel Prospetto 6. Distanze minori di quelle indicate nel Prospetto possono essere adottate solo se viene dimostrato che da tale adozione deriva un flusso di contaminanti in ingresso equivalente o inferiore a quello che sarebbe conseguente al rispetto dei valori prescritti.

Prospetto 6 - Distanze minime su piano orizzontale da rispettare tra presa di aria e potenziali sorgenti esterne di contaminazione esterne

Sorgenti esterne di contaminazione	Distanza minima [m]
espulsione di aria di classe di qualità media ⁽¹⁾	3
espulsione di aria di classe di qualità bassa ⁽¹⁾	5
espulsione di aria di classe di qualità molto bassa ⁽²⁾	10
esalatori di reti idrauliche che terminano a meno di un metro (< 1 m) sopra al livello della presa d'aria esterna	3
esalatori di reti idrauliche che terminano a più di un metro (≥ 1 m) sopra al livello della presa d'aria esterna	1
scarichi, camini, apparati di combustione ⁽³⁾	5
ingresso di garage, aree di carico e scarico da autoveicoli e mezzi di trasporto pubblico	5
aree di carico e scarico di camion e altri mezzi di trasporto merci, aree di sosta prolungata (con motore acceso)	7,5
strade, parcheggi o qualunque luogo in cui possa esserci circolazione di vetture	1,5
strade con elevati volumi di traffico	7,5
punti di stoccaggio e raccolta di rifiuti	5
presa d'aria o vasche di raccolta di torri di raffreddamento	5
espulsioni di torri di raffreddamento	25
Note: ⁽¹⁾ La distanza minima deve essere rispettata tra la presa d'aria di un sistema di ventilazione e la griglia di espulsione di un altro diverso sistema di ventilazione. ⁽²⁾ Questa distanza minima non viene presa in considerazione per espulsioni da cappe di laboratorio o altre espulsioni da impianti o apparati di processo per i quali deve essere prevista una specifica analisi del rischio. ⁽³⁾ Fatto salvo quanto previsto dalla normativa vigente relativa agli scarichi da apparati di combustione.	

La presa dell'aria esterna deve prevedere una rete anti-volatile, con maglia non superiore a 13 mm, realizzata con materiale non soggetto a corrosione. Detta rete deve essere montata all'interno della presa di aria in modo da evitare la nidificazione tra presa di aria e rete.

Le griglie e i terminali di espulsione dell'aria da impianti aeraulici devono essere posizionati nel rispetto di vincoli eventualmente imposti dai regolamenti edilizi o igienici locali e comunque non in prossimità di passaggi pedonali. Nel dimensionamento e nel posizionamento delle espulsioni deve essere agevolato l'allontanamento dell'aria e dei contaminanti contenuti nell'aria espulsa e la loro miscelazione con l'aria dell'ambiente esterno (tenendo conto della direzione prevalente del vento nella località e della presenza di ostacoli). Il posizionamento deve evitare l'ingresso di pioggia e l'ostruzione della superficie di uscita da parte del manto nevoso eventualmente presente su coperture orizzontali e/o con ridotta pendenza. A tal fine valgono le indicazioni relative alle prese di aria esterna.

TECNOLOGIE IMPIANTISTICHE ENERGETICAMENTE EFFICIENTI

Generalità

Ai fini dell'efficienza energetica si raccomanda di effettuare come fase preliminare al progetto degli impianti aeraulici un'analisi volta a verificare che siano state adeguatamente valutate tutte le possibili soluzioni atte a consentire la riduzione dei carichi termici e/o dei carichi di contaminazione cui gli impianti stessi devono far fronte. La riduzione dei carichi termici e/o di quelli di contaminazione può essere ottenuta adottando soluzioni relative all'edificio ed ai suoi componenti e soluzioni relative agli impianti ed ai loro componenti.

Successivamente a questa fase di valutazione e minimizzazione dei carichi termici e/o di contaminazione, il progetto impiantistico promuove e adotta soluzioni e componenti energeticamente efficienti.

Si sottolinea che le prescrizioni relative alla ventilazione ed alla qualità dell'ambiente interno contenute nella presente norma, e riferite a tipiche destinazioni d'uso dell'edificio e dell'ambiente, tengono in considerazione sia le esigenze di benessere sia quelle di prestazione energetica degli edifici e sono derogabili solo nei casi e nei modi esplicitamente dettagliati all'interno della presente norma.

Aspetti relativi a componenti e sistemi impiantistici

La scelta dei componenti che costituiscono l'impianto aeraulico e il loro dimensionamento assumono grande rilevanza sia ai fini della qualità ambientale interna sia ai fini del contenimento dei consumi e dell'efficienza energetica.

La relazione di progetto deve indicare le scelte relative a:

- selezione e dimensionamento del ventilatore (dei ventilatori);
- contenimento delle perdite di carico;
- contenimento delle perdite di aria nei componenti dell'impianto aeraulico;
- contenimento delle perdite e rientrate termiche nei sistemi aeraulici e idraulici;
- scelta dei sistemi di produzione di potenza termica e frigorifera;
- adozione di recuperatori di calore;
- adozione di sistemi con processi economizzatori e di raffreddamento gratuito (free-cooling).

Selezione e dimensionamento dei ventilatori

La selezione e il dimensionamento di ogni ventilatore adottato nell'impianto aeraulico deve tener conto della UNI EN 16798-3 ed in particolare deve considerare:

- i valori del rendimento nelle condizioni (portata massima) di progetto e delle classi di efficienza complessiva del motore e del suo azionamento FMEG (Fan Motor Efficiency Grade)

secondo la ISO 12759;

- l'indice di potenza specifica del ventilatore SFPv (Specific Fan Power validation) definito come il rapporto tra la potenza elettrica assorbita [W] e la portata volumica [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$], determinato nelle condizioni di carico di validazione, ovvero quando i filtri sono puliti e tutti i componenti sono asciutti.

Contenimento delle perdite di carico nell'impianto aeraulico

Al fine di ridurre le perdite di carico di un impianto aeraulico devono:

- essere contenute le perdite di carico distribuite e concentrate nelle reti di condotte e negli apparati di distribuzione dell'aria.
- essere contenute le perdite di carico nei filtri in considerazione della classe di efficienza di un filtro (secondo UNI EN ISO 16890-1) e dei consumi energetici corrispondenti alle condizioni di utilizzo.
- essere contenute le perdite di carico nei componenti di trattamento dell'aria e nelle serrande di taratura e regolazione.

Contenimento delle perdite di aria nell'impianto aeraulico

Al fine di ridurre le perdite di aria di un impianto aeraulico devono:

- essere adottate, e specificate nel progetto, le opportune classi di tenuta delle condotte circolari o rettangolari in accordo con le UNI EN 12237, UNI EN 1507 e UNI EN 13403;
- essere adottate e specificate nel progetto le opportune classi di tenuta delle unità di trattamento aria in accordo con la UNI EN 1886.

Contenimento delle perdite e delle rientrate termiche nell'impianto aeraulico e nel sistema idraulico

Tutte le condotte aerauliche, le tubazioni idrauliche e i componenti dei relativi sistemi caratterizzati da una rilevante differenza di temperatura tra il fluido interno e l'ambiente esterno devono prevedere uno strato di isolamento atto a limitare le dispersioni e le rientrate energetiche e ad evitare la formazione di condensa (superficiale e/o interstiziale e/o tra condotta e isolante). Ai fini della presente norma l'isolamento del sistema aeraulico non deve essere posto all'interno della condotta stessa, secondo quanto previsto anche dalle Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi - approvate in Conferenza Stato-Regioni nella seduta del 7 maggio 2015.

Per tutte le unità di trattamento dell'aria devono essere adottate e specificate nel progetto le opportune classi di trasmittanza termica e di fattore di ponte termico, in accordo con la UNI EN 1886.

Adozione di recuperatori di calore

I recuperatori di calore appartengono alle tecnologie impiantistiche energeticamente efficienti.

Adozione di cicli economizzatori (free-cooling) e di preraffreddamento notturno (night cooling)

Quando si deve raffrescare l'edificio ma, contemporaneamente, le condizioni di temperatura (ed eventualmente di umidità specifica) dell'aria esterna siano adeguate ed inferiori alle condizioni da mantenere nell'ambiente interno, si può utilizzare l'aria esterna per il raffrescamento evitando o limitando il funzionamento di macchine frigorifere. Questi funzionamenti, chiamati cicli economizzatori ad aria, o anche, comunemente, cicli di raffrescamento gratuito (free-cooling) sono energeticamente efficienti e richiedono apposite configurazioni impiantistiche e di regolazione. Essi trovano maggiori possibilità di impiego negli impianti a tutt'aria.

L'adozione di cicli economizzatori ad aria è potenzialmente in grado di aumentare l'efficienza energetica e contemporaneamente di migliorare la qualità dell'aria interna; questa soluzione resta poco indicata per climi caldi e umidi.

Sempre in caso di funzionamento in raffrescamento, il ciclo di preraffreddamento notturno (night cooling) consiste nel far circolare negli edifici nel periodo di non occupazione aria esterna (se ad una temperatura sufficientemente bassa), con lo scopo di raffreddare le strutture e i componenti edilizi in modo da ridurre i consumi energetici per il funzionamento delle macchine frigorifere nel successivo periodo di occupazione. Nel ciclo di pre-raffreddamento notturno (night cooling) l'edificio viene utilizzato come un accumulo di "freddo"; la ventilazione notturna può essere condotta con aria esterna non trattata termicamente oppure anche con aria che viene limitatamente raffreddata.

Umidificazione e deumidificazione

Il corretto funzionamento di questi sistemi è essenziale per il raggiungimento delle condizioni di qualità dell'aria e i sistemi di umidificazione e di deumidificazione devono essere dimensionati tenendo conto delle portate d'aria di progetto. Nel dimensionamento dei sistemi di umidificazione è necessario considerare i carichi latenti endogeni (produzione di vapore dovuta alle persone presenti e alle attività svolte all'interno dei locali serviti), al fine di ridurre la portata di acqua/vapore necessaria al raggiungimento delle condizioni igrometriche di progetto.

Regolazione automatica degli impianti

Gli impianti aeraulici sono dotati di regolazione automatica che persegue alcune tra le seguenti finalità:

- garantire le prestazioni attraverso il controllo dei parametri ambientali;

- consentire di ottimizzare l'utilizzo dell'energia, apportando le opportune correzioni alle modalità di funzionamento in relazione con l'entità dei carichi e con le possibilità di recupero e di utilizzo di apporti gratuiti;
- adottare impianti a portata variabile e ventilatori che prevedano l'utilizzo di inverter per la variazione della portata (vedere punto 7.3.1);
- adottare una regolazione di portata basata sulla qualità dell'aria e/o sul numero di persone presenti nell'ambiente (vedere punto 7.3.1);
- adottare una logica integrata atta a prevenire azioni contemporanee e opposte che comportino consumi inutili quando vi sia compresenza di più sistemi in grado di agire sugli stessi parametri ambientali (ad esempio in caso di impianti misti o con sistemi che hanno un unico sistema di regolazione per controllare i carichi di riscaldamento o raffreddamento).

Regolazione della portata di aria esterna e ventilazione adattata alle esigenze di qualità dell'aria (Demand-Controlled Ventilation)

Ai fini del contenimento dei consumi energetici risulta di fondamentale importanza un utilizzo razionale delle quantità di aria esterna trattata. Tali quantità vengono determinate sulla base delle effettive esigenze in termini di diluizione dei contaminanti di origine interna e delle necessità di porre in sovrappressione i locali secondo opportunità. Per quanto concerne gli aspetti legati alla diluizione, vanno individuate caso per caso le effettive opportunità di risparmio sia in fase progettuale che in fase di conduzione e regolazione dell'impianto, in accordo con quanto previsto dalle parti 3 e 4 di questa norma.

Negli ambienti in cui è prevista la presenza di occupanti in numero variabile, se utilizzata la DCV, devono essere installati opportuni sensori per l'adattamento del sistema di ventilazione alle esigenze effettive, come ad esempio sensori di CO₂ oppure conta persone.

Per quanto riguarda il mantenimento delle condizioni di sovrappressione dei locali rispetto all'esterno, la corretta valutazione delle effettive quantità di aria esterna necessarie non può prescindere dalle caratteristiche di tenuta dell'involucro. In assenza di dati certi e documentati relativi alla tenuta dell'involucro, l'ottimizzazione delle portate di aria esterna deve essere realizzata in fase di messa a punto e taratura dell'impianto.

APPENDICE A (informativa) - Distanza minima tra presa di aria esterna e griglia di espulsione

Per la determinazione della distanza minima (L_{min})¹ tra presa di aria esterna e griglia di espulsione appartenenti a due sistemi di ventilazione diversi funzionanti simultaneamente, si utilizza la formu-

la empirica (fonte: ASHRAE 62.1:2019) riportata di seguito:

$$L_{\min} = 0.04 \cdot \sqrt{Q_{\text{EHA}}} \cdot \left(\sqrt{DF} - \frac{V_{\text{EHA}}}{2} \right) \quad [\text{A.1}]$$

dove:

$L_{\min}$ distanza minima [m];

V_{EHA} portata volumica di aria espulsa [l/s];

DF coefficiente di diluizione [-];

V_{EHA} velocità dell'aria in uscita dalla griglia di espulsione [m/s].

Il coefficiente di diluizione **DF** è dato dal rapporto tra la portata di progetto della presa di aria esterna, **V_{ODA}** , e la portata di aria espulsa, **V_{EHA}** , che viene richiamata dalla presa di aria esterna e quindi reimpressa in ambiente. Il valore del coefficiente di diluizione è determinato secondo i seguenti criteri:

Classe di qualità dell'aria espulsa bassa:

$$DF = 15$$

Espulsioni contenenti aria che non deve essere ricircolata:

$$DF = 50.$$

Aria espulsa composta da più di una classe di qualità:

$$DF = \sum_i (DF_i \cdot Q_{\text{EHA},i}) / \sum_i Q_{\text{EHA},i} \quad [\text{A.2}]$$

In Figura A.1 sono riportati gli intervalli di valori della velocità dell'aria in uscita dalla griglia di espulsione. A seconda dei casi si ha:

$V_{\text{EHA}} < 0$ nel caso di griglia di espulsione rivolta nella direzione della presa dell'aria.

$V_{\text{EHA}} > 0$ quando la direzione dell'aria espulsa forma un angolo maggiore di 45° rispetto alla linea immaginaria che congiunge gli estremi della presa d'aria e il centro della griglia stessa.

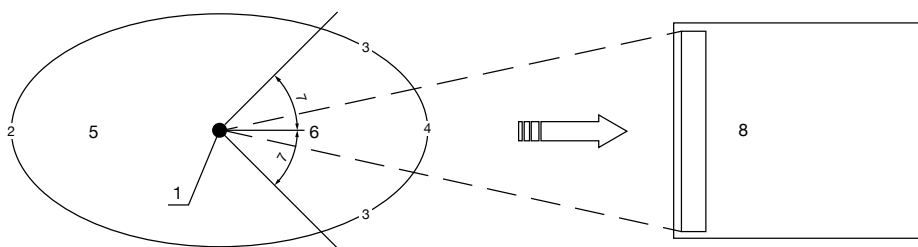
$V_{\text{EHA}} = 0$ quando la direzione dell'aria espulsa forma un angolo minore di 45° rispetto alla linea immaginaria che congiunge gli estremi della presa d'aria e il centro della griglia stessa.

Nella formula [A.1] il valore della velocità dell'aria in uscita dalla griglia di espulsione deve essere posta uguale a zero per camini a tiraggio naturale, prese d'aria di impianti di scarico e altre tipologie di espulsioni non alimentate elettricamente, oppure se lo scarico è coperto da un cappello o altro

¹ La lunghezza minima è definita come la minima distanza misurata in linea d'aria tra i due punti più vicini tra la presa di aria esterna e la griglia di espulsione.

dispositivo atto a dissipare il flusso di aria espulsa all'esterno. Nel caso di camini di evacuazione all'esterno di fumi caldi generati da un processo di combustione, la velocità effettiva di scarico dei fumi di combustione deve essere aumentata di $2,5 \text{ m s}^{-1}$, se lo scarico è orientato verso l'alto e non sono presenti dispositivi quali cappelli o griglie di espulsione.

Figura A.1 - Intervallo di valori assunti dalla velocità dell'aria di espulsione in funzione della direzione di espulsione rispetto alla presa di aria esterna



1. Griglia di espulsione
2. $V_{EHA} > 0 \text{ m/s}$ con espulsione in questa direzione
3. $V_{EHA} = 0 \text{ m/s}$ con espulsione in questa direzione
4. $V_{EHA} < 0 \text{ m/s}$ con espulsione in questa direzione
5. $V_{EHA} > 0 \text{ m/s}$
6. $V_{EHA} < 0 \text{ m/s}$
7. 45°
8. Presa d'aria esterna

16.9 UNI EN 15780:2011

16.9.1 Ventilazione degli edifici - Condotti - Pulizia dei sistemi di ventilazione

La norma, in versione ufficiale in lingua inglese (edizione ottobre 2011), si applica ai sistemi di ventilazione e condizionamento sia nuovi sia esistenti e specifica i criteri di valutazione della pulizia e le procedure di pulizia di questi sistemi; la validazione dell'efficacia della pulizia si applica anche ai prodotti, conformi alle UNI EN 1505, UNI EN 1506, UNI EN 13053, UNI EN 13180 e UNI EN 13403, utilizzati in impianti di condizionamento e ventilazione di ambienti con presenza di persone.

La norma non si applica a impianti al servizio di processi.

La norma europea specifica i requisiti generali e le procedure necessarie nella valutazione e nel mantenimento della pulizia nei condotti di ventilazione, inclusi:

- ☐ la classificazione della qualità della pulizia;
- ☐ come valutare la necessità di pulizia (visualizzazione, misure);
- ☐ la frequenza del controllo (guida generale): guida del sistema di ispezioni in conformità alle UNI EN 15239 e UNI EN 15240, se rilevante;
- ☐ scelta del metodo di pulizia, per essere in linea con la consegna della documentazione secondo la UNI EN 12599;
- ☐ come valutare i risultati della pulizia.

La presente norma europea è una norma parallela alla UNI EN 12097, che specifica i requisiti per la dimensione, la forma e la posizione dei pannelli di accesso per la pulizia e i servizi nei sistemi di canalizzazione. La stessa è redatta come standard iniziale di "copertura" con allegati informativi che possono essere rivisti, completati e ulteriormente aggiunti nelle sue future revisioni inerenti i prodotti o le applicazioni del sistema, come:

- ☐ unità di trattamento aria (UTA);
- ☐ filtro;
- ☐ umidificatori;
- ☐ recuperatori di calore;
- ☐ unità di trattamento aria decentralizzato, come fan-coil, unità a induzione;
- ☐ dispositivi terminali;
- ☐ attrezzature di estrazione per cucine.

I principali gruppi destinatari della presente norma europea sono i committenti inclusi e descritti nelle classi di qualità e metodi di pulizia, in primo luogo i progettisti di sistemi aeraulici, proprietari,

società di servizi, società di manutenzione, gli utenti finali e di consulenza e controllo aziendale. Elenchiamo qui, per riassumere le cose salienti di questa norma, quali devono essere i vari parametri di pulizia che devono essere tenuti in considerazione ai fini del rispetto di una corretta valutazione in fase di avvio e prima e dopo interventi di manutenzione.

Le applicazioni tipiche in ordine alle classi di qualità di pulizia richieste

Classe di qualità	Applicazioni tipiche
Bassa qualità	Ambienti con occupazione non continuativa, quali: depositi, locali tecnici, ecc.
Media qualità	Uffici, alberghi, ristoranti, scuole, teatri, ambienti residenziali, negozi, ambienti fieristici, palestre o ambienti sportivi, locali generici in ospedali
Alta qualità	Aree generiche di lavoro in campo industriale, laboratori, aree di degenza e trattamento negli ospedali, uffici di alta qualità

Intervali mensili delle ispezioni in ordine alla qualità richiesta

	UTA	Filtri *	Umidificatori	Canali	Terminali
Bassa qualità	24	12	12	48	48
Media qualità	12	12	6	24	24
Alta qualità	12	6	6	12	12

Le unità di trattamento aria dotate di sistemi di umidificazione o di raffreddamento adiabatico, o condizioni di umido devono essere valutati almeno due volte all'anno, qualunque sia l'uso dell'edificio.
 * i filtri devono essere ispezionati e sottoposti a manutenzione secondo le raccomandazioni del fabbricante, con questi intervalli come minimi.

Livelli di sporco depositato accettabili

Classe per il deposito	Canali di apporto aria	Canali per aria di ricircolo e aria secondaria
Bassa qualità	< 4,5 g/m ²	< 6,0 g/m ²
Media qualità	< 3,0 g/m ²	< 4,5 g/m ²
Alta qualità	< 0,6 g/m ²	< 3,0 g/m ²

Accettabili livelli di deposito in canali nuovi

Classe per il deposito	Canali di apporto aria	Canali per aria di ricircolo e aria secondaria
Bassa qualità	< 0,9 g/m ²	< 1,8 g/m ²
Media qualità	< 0,6 g/m ²	< 1,8 g/m ²
Alta qualità	< 0,3 g/m ²	< 0,9 g/m ²

Accettabile livello di pulizia dopo la manutenzione

Dopo la pulizia dell'impianto di climatizzazione le superfici devono essere visibilmente pulite e in

grado di soddisfare i livelli richiesti.

Il livello di deposito post-pulizia dovrebbe essere inferiore a $0,3 \text{ g / m}^2$.

«Linee guida per la definizione di protocolli tecnici di manutenzione predittiva sugli impianti di climatizzazione»

(G.U. n° 256 del 03-11-2006 Allegato A)

Il documento legislativo, esplicitamente previsto dall'Accordo Ministro della Salute Regioni e Province autonome del 27 settembre 2001, concernente le "Linee Guida *per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati* (G.U. del 27 novembre 2001, n. 276, SO n.252), è stato elaborato dalla commissione "indoor" del Ministero della Salute e successivamente aggiornato e modificato da un apposito gruppo di lavoro interministeriale.

16.9.2 Campo di applicazione

Tutti gli impianti, con l'esclusione dei casi in cui esistono prescrizioni specifiche.

Per quanto attiene agli ambienti di lavoro, si sottolinea che in base al D.Lvo 626/94 il datore di lavoro deve provvedere affinché i lavoratori dispongano di aria salubre e gli impianti vengano sottoposti a regolare pulizia e manutenzione tecnica, onde assicurare negli ambienti condizioni igieniche adeguate.

È opportuno sottolineare, inoltre, che la progettazione, la installazione, la manutenzione ed il collaudo degli impianti devono rispettare quanto previsto dalle disposizioni legislative e regolamentari vigenti in materia di sicurezza (Legge 5 marzo 1990, n. 46 e successive) e di risparmio energetico, come pure le norme tecniche di sicurezza dell'Ente Italiano di Unificazione (UNI) e del Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI).

I soggetti abilitati rilasciano al committente idonea dichiarazione della messa in opera secondo le regole dell'arte e di conformità degli impianti alla normativa vigente.

La specificità dell'inquinamento dell'aria negli ambienti interni non industriali si fonda sui seguenti argomenti:

1. Sono esposti tutti i soggetti, quindi anche le categorie più deboli, e non soltanto la popolazione in età lavorativa e in buona salute;
2. Sono presenti molti inquinanti a bassa concentrazione di difficile misurazione e dagli effetti ancora non studiati compiutamente;

Il tempo di esposizione è esteso alle ventiquattro ore e non al solo orario di lavoro.

Un atto fondamentale del lungo processo di studio e approfondimento sui temi della qualità dell'aria, della salute e del comfort negli edifici è rappresentato dal Reports del WHO (World Health Organization), contenente i nove principi sul diritto di ogni persona a respirare aria pulita all'interno

degli edifici, come base per futuri testi regolamentari e per linee-guida e in controversie legali.

Negli ambienti confinati gli impianti di climatizzazione svolgono le funzioni di controllo delle condizioni termiche e di umidità dell'aria, di ricambio controllato dell'aria e di cattura per filtrazione di polveri ed altre particelle trasportate.

In pratica, però, esistono molti casi in cui l'impianto non svolge idoneamente queste funzioni e per giunta può trasportare o diventare esso stesso una fonte di contaminanti, rumore e vibrazioni, soprattutto se non sottoposti con regolarità ad adeguata manutenzione.

È frequente il caso in cui i problemi di manutenzione derivino da errori progettuali e diviene dunque molto problematico, se non addirittura impossibile, intervenire sui sistemi aeraulici già installati. Per questi motivi, ai fini di una buona manutenzione, occorre progettare, costruire ed installare i sistemi aeraulici tenendo sempre presenti le esigenze manutentive.

16.9.3 Scopo della manutenzione

La Norma UNI 9910 (Terminologia sulla fidatezza e sulla qualità del servizio) definisce la manutenzione come: "la combinazione di tutte le azioni, tecniche e amministrative, incluse le azioni di supervisione, volte a mantenere o a riportare un'entità in uno stato in cui possa eseguire la funzione richiesta". Si ispira a questa definizione anche la Legge 109/1994, precisando che l'opera deve essere mantenuta o riportata nelle condizioni di svolgere la funzione "prevista dal provvedimento di approvazione del progetto".

Fino a che punto valga la pena di mantenere un bene piuttosto che sostituirlo, è oggetto di considerazioni specialistiche che coinvolgono il suo "costo del ciclo di vita".

Poiché lo scopo della manutenzione è conservare o riportare una entità ad una condizione di lavoro accettabile, molta attenzione dovrà essere data alla definizione di "condizione accettabile" per un dato sistema. Infatti gli oggetti soffrono necessariamente di un progressivo deterioramento delle loro caratteristiche durante la loro vita operativa.

Ad un certo punto, questo conduce ad una "avaria", cioè ad una deviazione dai requisiti specificati che necessita di essere corretta perché si rientri nei limiti dell'accettabilità.

Una avaria non corretta può condurre ad un "guasto", cioè alla cessazione della funzione; vale l'osservazione che, mentre ogni guasto è un'avaria, non vale viceversa. Il guasto rappresenta un evento, mentre l'avaria è uno stato.

Frequenza degli interventi

Gli impianti e le apparecchiature devono essere sottoposti a frequenti controlli volti ad accertarne lo stato di funzionamento. La periodicità viene stabilita confrontando le esigenze di disponibilità

con deterioramenti prevedibili.

Le condizioni che possono influire sulla periodicità sono molte e molto variabili; ne elenchiamo alcune non in ordine di importanza:

Le condizioni di lavoro (più o meno gravose);

L'importanza del servizio

Le condizioni ambientali

L'esistenza o meno di particolari priorità (a seconda dell'utenza)

L'usura

L'osservanza di specifiche normative

La validità delle garanzie

Le raccomandazioni del costruttore

Documentazione

Non si può svolgere correttamente l'attività di manutenzione degli Impianti senza avere a disposizione una adeguata documentazione di impianto. La già citata Legge 109/1994 e il suo Regolamento prescrivono quali debbano essere questi documenti nel caso di opere pubbliche ma i concetti sono perfettamente validi per qualunque realizzazione. La norma UNI EN 12171 fornisce la procedura per la predisposizione della documentazione per gli impianti di riscaldamento, che richiedono o non richiedono personale qualificato per la conduzione.

Manutenzione correttiva

Secondo UNI 9910, si tratta di manutenzione che viene effettuata quando si riscontra un'avaria.

L'intervento conseguente serve a riportare l'entità nello stato in cui può eseguire la funzione richiesta. In questo modo il Committente accetta la possibilità che avvengano rotture, danneggiamenti, interferenze con le funzioni che sono svolte dagli impianti in causa.

Tale modalità è applicata in genere solo a piccoli impianti di modesta importanza oppure è una delle possibilità di intervento prevista all'interno di un più complesso contratto di manutenzione, che prevede anche e soprattutto la manutenzione preventiva.

Il costo della manutenzione correttiva è quasi sempre superiore a quello di un intervento preventivo, dovendosi aggiungere al costo dell'intervento stesso quello dovuto all'indisponibilità dell'impianto.

Manutenzione preventiva

È stato mostrato dall'esperienza che "revisioni periodiche", consistenti nella sostituzione o riparazione di componenti o apparecchiature quando si ritiene che abbiano esaurito la loro vita utile

(ma non si siano guastati), sono in genere costose senza portare benefici particolari. Una manutenzione efficace sarà quindi rivolta ad eliminare o prevenire le avarie.

Seguendo la prassi internazionale, le attività di manutenzione svolte periodicamente vengono chiamate “manutenzione preventiva”. Se si escludono dalla manutenzione preventiva le revisioni periodiche vere e proprie, le attività che le caratterizzano sono: ispezione e servizi.

L'attività di ispezione raccoglie informazioni sulle possibili avarie e sul deterioramento del bene, controllando la condizione dei componenti o il loro funzionamento.

L'attività di servizio consiste in tutto quanto serve a ridurre il deterioramento e prolungare la vita del componente: pulizia, lubrificazione ecc.

Un caso particolare di manutenzione preventiva è la manutenzione secondo condizione. È quella in cui si constata che la sostituzione preventiva di un elemento nuovo identico non migliora o addirittura peggiora il tasso di guasto (per esempio quando ci sono elementi con “difetti di gioventù” o la cui sostituzione introduce in un sistema una ulteriore possibilità di avaria).

In questo caso la manutenzione preventiva è subordinata al palesarsi di un tipo di avvenimento predeterminato, che diventa la spia della necessità di manutenzione (per esempio: usura, consumo di lubrificante, rilevazione di un sensore ecc.).

I sistemi di condizionamento dell'aria e di ventilazione devono essere progettati, costruiti ed installati in modo tale da consentire la pulizia di tutte le superfici interne e di tutti i componenti, in conformità alle disposizioni della UNI EN 12097 (***Rete delle condotte. Requisiti relativi ai componenti atti a facilitare la manutenzione delle reti delle condotte***).

Ciò costituisce premessa indispensabile affinché tali sistemi possano funzionare ed essere mantenuti in modo tale che i requisiti igienici siano permanentemente rispettati.

I sistemi impiantistici devono essere controllati regolarmente e devono essere puliti, se necessario, da personale qualificato; un sistema può essere mantenuto pulito solo quando tutte le superfici del sistema (in particolare dei condotti d'aria) non presentano accumuli di particolato ritenuti non accettabili. I filtri devono essere ispezionati regolarmente e, se vi è una evidente contaminazione devono essere rimpiazzati, senza considerare la loro vita utile.

La qualità dell'acqua spruzzata nelle sezioni di umidificazione deve essere periodicamente controllata, l'incremento della carica batterica deve essere prevenuto mediante periodica pulizia dei sistemi oppure, se necessario, mediante sanificazione.

16.9.4 Gestione dei filtri aria

1. I filtri per l'aria devono mantenere la loro corretta efficienza per tutta la durata del loro servizio.
2. Per assicurarne la funzionalità, i filtri devono essere ispezionati a intervalli regolari.

Durante tali ispezioni devono essere verificati e registrati separatamente per ciascun filtro i seguenti parametri:

☐ Differenza di pressione a monte e a valle del filtro

☐ Tempo di esercizio.

3. Stato dei filtri (controllo delle perdite di materiale filtrante e della mancanza di tenuta del filtro).

4. Corrispondenza del valore di efficienza previsto in progetto.

5. I filtri per l'aria devono essere sostituiti se c'è una evidente contaminazione o se vi è una perdita ***(la contaminazione può essere accertata anche mediante prelievo di campioni dell'aria trasportata immediatamente a valle del filtro)***.

6. Quando si raggiunge la differenza di pressione finale ammissibile, o se la funzionalità è inadeguata dal punto di vista tecnico o igienico, i filtri devono essere cambiati.

7. Si raccomanda di evitare il lavaggio dei filtri.

8. È necessario cambiarli dopo eventuali lavori di installazione o di modifica del sistema di climatizzazione che possano aver determinato una perdita di efficienza.

9. Un cambio anticipato, o intervalli di sostituzione più brevi, sono necessari quando ciò è richiesto a seguito di una ispezione.

10. La sostituzione di un elemento individuale di un pacco di filtri deve avvenire solo quando un singolo elemento è danneggiato, e solo nel caso in cui tale pacco non sia stato sostituito da più di sei mesi.

11. Montando nuovi filtri, occorre che sia assicurata la tenuta all'aria nella struttura portante.

12. Le tasche dei filtri a tasca non devono essere bloccate o danneggiate, tutte le tasche dei filtri devono essere libere di allinearsi nel verso del flusso dell'aria.

13. Durante la sostituzione dei filtri per l'aria si deve evitare la contaminazione a valle della sezione filtrante e negli ambienti da condizionare.

14. Si raccomanda di fare in modo tale che non si verifichino danneggiamenti durante lo stoccaggio.

15. I filtri non devono essere utilizzati oltre il termine massimo di durata stabilito dal costruttore.

Le procedure per la prova, almeno per quanto riguarda le condotte non coibentate, sono quelle per aspirazione, secondo la metodologia descritta in NADCA ***“National Air Duct Cleaners Association” (1996) “Mechanical Cleaning of HVAC systems – Specifications – Developed for Architects, Consulting Engineers, Facility Managers”*** Section 15891,2/96, Washington, DC.

Il limite ammissibile per il particolato depositato nei condotti d'aria considerati puliti privi di rivestimento interno, è 0,75 mg/100 cmq (“NADCA vacuum test”);

Max partic. depositato -attivazione impianto- 0,1 g/m²

Max partic. depositato -contaminazione ammissibile- 1 g/m²

(In assenza di specifiche problematiche, il limite massimo di contaminazione accettabile è pari a 3 g/m²)

Concentrazioni limite carica batterica < 30.000 CFU/g

Concentrazioni limite carica micotica < 15.000 CFU/g



Nella figura sopra sono rappresentate due condotte d'aria, in quella di destra viene rappresentato un canale pulito, in quella di sinistra è rappresentato un canale il quale contiene sulla sua superficie interna una particolato depositato superiore ai 9 g/m².

17 La Conferenza Stato-Regioni-Province Autonome “Procedura operativa per la valutazione e gestione dei rischi correlati all’igiene degli impianti di trattamento aria”

È stato sancito il 7 febbraio 2013, in Conferenza Stato-Regioni, l'accordo sul documento “*Procedura operativa per la valutazione e gestione dei rischi correlati all’igiene degli impianti di trattamento aria*”, realizzato dalla Commissione consultiva permanente per la salute e sicurezza sul lavoro e approvato il 28 novembre 2012.

17.1 Premessa

Garantire una buona qualità dell’aria degli ambienti di lavoro chiusi è importante per la salute dei lavoratori ed ha implicazioni di carattere sia sociale che economico. I contaminanti aerodispersi presenti negli ambienti di lavoro chiusi (ai sensi del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i.) sono stati da tempo associati sia ad insorgenza di sintomatologia acuta aspecifica nota con il termine di **Sick Building Syndrome** (caratterizzata da insorgenza di mal di testa e astenia, sintomi irritativi a carico delle vie respiratorie, degli occhi, della cute che si risolvono con l’allontanamento dall’edificio) sia a patologie note con il termine **Building Related Illness** correlate all’aver frequentato un determinato edificio, che non si risolvono con il semplice allontanamento dall’ambiente di lavoro, rappresentate ad esempio da legionellosi*, aspergillosi, asma bronchiale e alveolite allergica.

In presenza di un caso accertato di legionellosi*, fatto salvo quanto già previsto dalla vigente normativa sulle procedure di competenza del Servizio di Igiene Pubblica del Dipartimento di Prevenzione della ASL, il datore di lavoro deve adottare le misure generali di tutela (art.15, D.Lgs. 81/2008) per la prevenzione e il controllo del potenziale rischio di esposizione a batteri appartenenti a *Legionella* spp. informandone il Dipartimento di Prevenzione della ASL. In particolare, il Datore di Lavoro si avvale della collaborazione del Medico Competente e del Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione al fine di individuare le misure necessarie a tutelare l’integrità fisica dei lavoratori esposti alle stesse eventuali fonti di rischio. Nella gestione di tale rischio, sentito anche il parere del Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza, il Datore di Lavoro darà informazioni circa le misure predisposte e i comportamenti da adottare per evitare qualsiasi danno alla salute.

Numerosi studi hanno evidenziato che la contaminazione microbiologica e chimica dell’aria negli ambienti chiusi è spesso imputabile a scarse condizioni igieniche, al sovraffollamento dei locali e a errori di progettazione e/o installazione degli impianti di trattamento dell’aria (impianti aeraulici),

che non consentono una idonea pulizia e manutenzione degli stessi. In questi casi gli impianti possono causare la diffusione di numerosi inquinanti, provenienti dall'esterno o dall'interno, derivanti da residui di materiali da costruzione, da resti di origine vegetale e animale (piccioni, topi, insetti) o da muffe e batteri che possono contaminare l'acqua e le superfici all'interno degli impianti aeraulici. Pertanto i rischi per il benessere e la salute dei lavoratori, riconducibili alla presenza di inquinanti aerodiffusibili di varia natura (fisica, chimica e biologica), devono essere controllati attraverso la corretta utilizzazione e manutenzione degli impianti aeraulici per garantire una buona qualità dell'aria immessa e migliorare le condizioni igieniche dell'ambiente di lavoro.

L'articolo 64 del D.Lgs. 81/2008 obbliga il datore di lavoro a provvedere alla regolare manutenzione e pulitura degli impianti di areazione e, nello specifico, l'allegato IV: "Requisiti dei luoghi di lavoro" fornisce indicazioni in merito alla pulizia e alla manutenzione, evidenziando che:

In presenza di un caso accertato di legionellosi, fatto salvo quanto già previsto dalla vigente normativa sulle procedure di competenza del Servizio di Igiene Pubblica del Dipartimento di Prevenzione della ASL, il datore di lavoro deve adottare le misure generali di tutela (art. 15, D.Lgs. 81/2008) per la prevenzione e il controllo del potenziale rischio di esposizione a batteri appartenenti a Legionella spp. informandone il Dipartimento di Prevenzione della ASL. In particolare, il Datore di Lavoro si avvale della collaborazione del Medico Competente e del Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione al fine di individuare le misure necessarie a tutelare l'integrità fisica dei lavoratori esposti alle stesse eventuali fonti di rischio. Nella gestione di tale rischio, sentito anche il parere del Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza, il Datore di Lavoro darà informazioni circa le misure predisposte e i comportamenti da adottare per evitare qualsiasi danno alla salute.

"Gli stessi impianti devono essere periodicamente sottoposti a controlli, manutenzione, pulizia e sanificazione per la tutela della salute dei lavoratori. Qualsiasi sedimento o sporcizia che potrebbe comportare un pericolo immediato per la salute dei lavoratori dovuto all'inquinamento dell'aria respirata deve essere eliminato rapidamente".

In merito a queste tematiche, nell'ultimo decennio, in Italia sono state prodotte diverse norme tecniche, linee guida e leggi regionali. Nonostante la documentazione a disposizione, può risultare complicato orientarsi tra obblighi di legge e adempimenti di tipo volontario.

Scopo della procedura

Questa procedura fornisce al Datore di Lavoro indicazioni pratiche per la valutazione e gestione dei rischi correlati all'igiene degli impianti di trattamento aria e per la pianificazione degli interventi di manutenzione, in considerazione di quanto riportato nelle Leggi regionali, Linee Guida nazionali e norme tecniche prodotte sull'argomento.

Campo di applicazione

La procedura è riferita a tutti gli impianti di trattamento dell'aria, a servizio di ambienti di lavoro chiusi, destinati a garantire il benessere termo-igrometrico degli occupanti, la movimentazione e la qualità dell'aria. Gli impianti semplificati dal punto di vista strutturale e funzionale (ad esempio privi di umidificazione) sono interessati dalla procedura solo per le parti di pertinenza.

Sono esclusi gli impianti di regolazione della temperatura senza immissione forzata di aria esterna (ad esempio termoconvettori, condizionatori a parete, stufe) e gli impianti di processo per la realizzazione di particolari lavorazioni industriali.

Controlli sull'impianto

Per la persistenza nel tempo della corretta funzionalità degli impianti e per il mantenimento dei requisiti igienici è necessario effettuare periodici interventi di pulizia e manutenzione che devono prevedere una ispezione visiva e, se necessaria, una tecnica. Le sezioni dedicate alle ispezioni e i relativi allegati contengono indicazioni tratte dalle Linee Guida dell'Accordo Stato Regioni 2006.

In particolare, il presente documento modifica le suddette linee guida per quanto concerne:

- la possibilità di valutare lo stato di manutenzione e quello igienico dell'impianto mediante l'ispezione visiva che può essere svolta indipendentemente da quella tecnica.
- la periodicità di esecuzione delle due tipologie di ispezioni (visiva e tecnica) non predeterminata, ma programmabile sulla base degli esiti di quelle precedenti.

Questo documento ribadisce la necessità dell'istituzione di un registro degli interventi effettuati sull'impianto (già previsto dalle Linee Guida dell'Accordo Stato Regioni 2006), fornendo anche una check list delle verifiche oggetto dell'ispezione visiva che unitamente ad un modello di rapporto dei risultati dell'ispezione tecnica dovranno essere allegati al suddetto registro.

Ispezione visiva

L'ispezione visiva permette di accertare lo stato dei vari componenti dell'impianto nell'ambito di interventi manutentivi programmati. Tale esame consiste nel valutare lo stato igienico di alcuni punti critici dell'impianto e la loro funzionalità.

- **Responsabile della pianificazione degli interventi di manutenzione:** Datore di Lavoro o suo incaricato (RSPP, etc.)
- **Esecutore:** Personale incaricato della manutenzione ordinaria dell'impianto. Riguardo gli eventuali obblighi formativi di tale personale il riferimento è dato dalle Leggi Regionali e dalle Linee Guida Accordo Stato Regioni 2006.
- **Periodicità:** Fatte salve le indicazioni del fabbricante presenti sul manuale di istruzione e d'uso o eventuali indicazioni di specifiche leggi, la frequenza delle ispezioni visive consigliata è

annuale, o comunque stabilita in base ai risultati delle precedenti ispezioni e della valutazione dei rischi.

Unità di trattamento dell'aria (UTA)

- ☐ Serrande di presa dell'aria esterna: valutare la presenza di sporcizia, detriti, resti di origine vegetale e animale.
- ☐ Filtri: valutare lo stato di deterioramento, la quantità di polvere depositata, la sporcizia e l'eventuale presenza di muffe; è necessario tenere comunque conto delle informazioni fornite dal fabbricante circa la durata dei filtri.
- ☐ Vasca di recupero dell'acqua di condensa: accertarsi che sia pulita, senza detriti, calcare, sedimenti o evidenti tracce di biofilm.
- ☐ Sifone di drenaggio: valutare la presenza di incrostazioni, sporcizia o qualsiasi altra possibile causa di intasamento.
- ☐ Pareti: valutare la presenza di sporcizia, ruggine o evidente proliferazione di muffe.
- ☐ Batterie di scambio termico: valutare lo stato di conservazione e la presenza di sporcizia, contaminazione microbiologica, incrostazioni o rotture.
- ☐ Umidificatori: valutare la presenza di eventuali depositi di calcare o di incrostazioni sulle parti a contatto con l'acqua e il deposito di acqua nella camera di umidificazione.

Terminali di mandata dell'aria

Valutare le condizioni igieniche, la presenza di sporcizia, di residui fibrosi, di accumuli di polvere, di tracce di sporco sulle pareti immediatamente circostanti.

Condotte dell'aria

Valutare la presenza o meno di polvere, detriti, incrostazioni e evidenti tracce di crescita microbica (muffe) in una parte rappresentativa dei componenti in mandata e in ripresa (condotte rigide, condotte flessibili, rivestimenti termoacustici, serrande ecc).

Torri di raffreddamento

Valutare la presenza o meno di incrostazioni, materiale sedimentato e biofilm microbico nel bacino della torre di raffreddamento.

Come previsto nelle Linee Guida dell'Accordo Stato Regioni 2006, per ciascun impianto deve essere predisposto e aggiornato un registro degli interventi di manutenzione ordinari e straordinari, di cui si propone un modello negli allegati.

Gli esiti delle verifiche effettuate durante l'ispezione visiva vengono raccolti nell'apposita check

list, la quale conservata insieme al registro degli interventi di manutenzione può costituire un utile strumento per la valutazione nel tempo dello stato igienico dell'impianto. Il tecnico incaricato della manutenzione, valutati i requisiti igienici dell'impianto, indica i necessari interventi manutentivi, di pulizia o sanificazione, o gli ulteriori controlli, verifiche e accertamenti da compiere nell'immediato o come prossimo intervento programmato.

Ispezione tecnica

L'ispezione tecnica prevede normalmente campionamenti e/o controlli tecnici sui componenti dell'impianto al fine di valutarne l'efficienza, lo stato di conservazione e le condizioni igieniche. Essa permette di diagnosticare le criticità manifestate dall'impianto, le misure da intraprendere e la tempistica con la quale intervenire.

- **Responsabile della pianificazione degli interventi di manutenzione:** Datore di Lavoro o suo incaricato (RSPP, etc.)
- **Esecutore:** Servizio tecnico o personale specializzato incaricato della manutenzione
- **Periodicità:** In considerazione della diversità delle tipologie d'impianto e della varietà delle condizioni ambientali e climatiche, non è possibile predeterminare in via generale la periodicità di esecuzione dell'ispezione. Questa dovrà essere determinata di caso in caso, sulla base della valutazione dei rischi specifici presenti.

L'ispezione tecnica può essere programmata sulla base dell'esito dell'ispezione visiva e delle precedenti ispezioni tecniche. Tuttavia, nel caso dei controlli microbiologici (Allegato 4 a, b) su alcuni componenti dell'impianto può essere prevista o suggerita una periodicità (vedi di seguito).

Principali componenti dell'impianto da ispezionare e operazioni da effettuare:

Unità di trattamento dell'aria (UTA)

- ❑ Misura della differenza di pressione dell'aria a monte e a valle dei corpi filtranti, al fine di escludere intasamenti dovuti all'accumulo di polvere.
- ❑ Misura della differenza di portata a monte e a valle delle batterie di scambio termico, al fine di valutarne il corretto stato di manutenzione.
- ❑ Monitoraggio microbiologico dell'acqua circolante nella sezione di umidificazione adiabatica al fine di valutare l'entità della contaminazione microbica.

NOTA: gli impianti con sezioni di umidificazione di tipo adiabatico con ricircolo dell'acqua (in parte sostituita e in parte riciclata) potrebbero necessitare di controlli più frequenti perché potenzialmente soggetti a fenomeni di proliferazione batterica. Per le sezioni di umidificazione adiabatiche con ricircolo potrebbe essere necessaria una frequenza almeno semestrale, per quelle senza ricircolo almeno annuale. I controlli sull'acqua delle sezioni

di umidificazione a vapore possono invece essere non necessari poiché la temperatura del vapore, utilizzato nel processo di umidificazione, garantisce l'eliminazione dei microrganismi potenzialmente presenti.

Condotte

- ❑ Misura della quantità di polvere sedimentata, al fine di valutare che le condizioni igieniche rientrino nei limiti di accettabilità.
- ❑ Valutazione dello stato di conservazione di eventuali rivestimenti termoacustici e delle serrande, al fine di valutare l'eventuale polverizzazione e contaminazione della coibentazione e il corretto funzionamento delle serrande.

Terminali di mandata

- ❑ Misurazioni, a campione, della portata dell'aria in corrispondenza dei terminali di mandata negli ambienti trattati e confronto con quella riportata da progetto, al fine di valutare l'eventuale presenza di intasamenti (causa di riduzione del flusso), o il malfunzionamento delle serrande.
- ❑ Controllo dei parametri microclimatici (Temperatura – Umidità Relativa – Velocità dell'Aria) specialmente in caso di monitoraggio ambientale finalizzato alla valutazione della contaminazione microbiologica dell'aria.

Torri

- ❑ Monitoraggio microbiologico dell'acqua del bacino della torre di raffreddamento al fine di valutare l'entità della contaminazione microbica (Allegato 4b).
- ❑ Le operazioni di drenaggio e di pulizia andrebbero svolte almeno due volte l'anno, e comunque sempre dopo un periodo di non utilizzo. In occasione di tali operazioni non è normalmente necessario effettuare i controlli microbiologici.

Monitoraggio microbiologico dell'impianto

Alcune leggi regionali prescrivono di valutare lo stato igienico dei componenti dell'impianto attraverso il monitoraggio microbiologico delle superfici a contatto con il flusso d'aria. In tal caso è raccomandabile valutare le cariche totali batteriche e micetiche (come riportato in Allegato 5). Nel caso in cui gli occupanti di ambienti lavorativi chiusi lamentino sintomatologie potenzialmente correlabili con l'esposizione ad allergeni di origine biologica (riniti, dermatiti, asma, etc) occorre escludere tale rischio attraverso la ricerca di contaminanti di origine microbica, animale o vegetale. Come previsto dalle Linee Guida dell'Accordo Stato Regioni 2006, al termine dell'ispezione i risultati devono essere riportati in un rapporto scritto, per il quale può essere utilizzato il formato proposto nell'allegato 6 che fornisce anche indicazioni per l'interpretazione dei rilievi effettuati.

Le analisi relative ad alcuni parametri sopra elencati (ad esempio particolato depositato nelle condotte, caduta di portata dell'aria nelle batterie di scambio termico, cariche microbiche) possono essere utilizzate come valutazione dell'efficacia degli interventi di pulizia o sanificazione attuati. Seguono allegati.

Riferimenti normativi

- ❑ ASHRAE 2007. ANSI/ASHRAE standard 62.2.Ventilation and acceptable indoor air quality in low-rise residential buildings. Atlanta, American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers.
- ❑ CTI-0500073-Revisione UNI 10339 (bozza settembre 2008) -Impianti aeraulici a fini di benessere Generalità, classificazione e requisiti -Regole per la richiesta d'offerta, ordine e fornitura.
- ❑ Decreto del Presidente della giunta Regionale n.8/REG del 16 aprile 2003 -Regolamento Regionale recante: Regolamento di attuazione della legge Regionale n.24 del 2 luglio 2002 (Disciplina per la costruzione, installazione, manutenzione e pulizia degli impianti aeraulici). Bollettino Ufficiale della Regione Liguria N.8.
- ❑ Decreto n. 1751 del 24 febbraio 2009 -Linee guida per la prevenzione e controllo della legionellosi in Lombardia. -Regione Lombardia.
- ❑ Deliberazione della Giunta Regionale n.1115 del 21 luglio 2008 - Approvazione Linee Guida per la sorveglianza e il controllo della legionellosi. -Bollettino Ufficiale della Regione Emilia-Romagna N. 147.
- ❑ Determinazione n.109 del 4 marzo 2008 - Approvazione "Raccomandazioni per la sorveglianza, la prevenzione e il controllo delle polmoniti da Legionella nelle strutture sanitarie piemontesi pubbliche e private". -Regione Piemonte.
- ❑ ISO 11731:1998 Water quality - Detection and enumeration of Legionella.
- ❑ Legge Regionale n.15 del 13 luglio 2011 -Norme per la prevenzione della diffusione delle malattie infettive. - Bollettino Ufficiale della Regione Molise N. 19 del 16 luglio 2011.
- ❑ Legge Regionale n.24 del 2 luglio 2002 -Disciplina per la costruzione, installazione, manutenzione e pulizia degli impianti aeraulici. - Bollettino Ufficiale della Regione Liguria N. 11.
- ❑ Legge Regionale n.45 del 23 dicembre 2008 -Norme in materia sanitaria. - Bollettino Ufficiale della Regione Puglia N. 202 suppl.
- ❑ Ministero della Salute. Linee guida per la definizione di protocolli tecnici di manutenzione predittiva sugli impianti di climatizzazione. GU n. 256, 2006.
- ❑ Ministero della Salute. Linee Guida per la prevenzione e il controllo della legionellosi. GU n.103, 2000.
- ❑ Ministero della Salute. Linee Guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti

confinati. GU n. 276, 2001.

❑ Ministero della Salute. Linee Guida recanti indicazioni sulla legionellosi per i gestori di strutture turistico-recettive e termali. GU n. 28, 2005.

❑ NADCA (National Air Duct Cleaners Association). 2006. Assessment, Cleaning, and Restoration of HVAC Systems, 1:44.

❑ UNI EN 13098:2002 Linee guida per la misurazione di microrganismi e di endotossine aerodispersi.

❑ UNI EN 13779:2008 Ventilazione degli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di climatizzazione.

❑ UNI EN 15251:2008 Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione ed all'acustica.

❑ UNI EN 15780:2011 Ventilazione degli edifici – Condotti – Pulizia dei sistemi di ventilazione.

Definizioni:

❑ **Batteri:** Ampio gruppo di microrganismi procarioti. Si possono trovare in qualsiasi tipo di ambiente di vita e di lavoro, molte specie sono comunemente riscontrate nell'ambiente e non comportano alcun rischio per la salute dell'uomo alcune, invece, sono patogene e possono causare affezioni di varia natura in seguito a infezione (dermatiti, patologie respiratorie, infezioni sistemiche, congiuntiviti ecc).

❑ **Batterie di raffreddamento:** dispositivi interni all'impianto deputati a temperare e/o deumidificare l'aria. Includono gli scambiatori di calore attraverso i quali scorrono fluidi refrigeranti (acqua o altro) in grado di raffreddare sensibilmente la corrente d'aria a circolazione forzata.

❑ **Bioaerosol:** insieme di particelle aerodisperse di origine biologica.

❑ **Biofilm microbico:** comunità microbica composta da diverse e numerose specie di organismi differenti, sia procarioti (batteri, archea) sia eucarioti (alghe, lieviti, funghi), inclusi in una matrice polisaccaridica da questi prodotta.

❑ **Canalizzazioni aerauliche (o canali dell'aria):** parti degli impianti aeraulici deputati al trasporto e alla distribuzione dell'aria.

❑ **Climatizzazione:** raggiungimento e mantenimento di specifiche condizioni ambientali relativamente alla temperatura, alla umidità, alla ventilazione e alla qualità dell'aria.

❑ **Disinfezione:** procedimento che ha lo scopo di ridurre al minimo il numero di microrganismi contaminanti, patogeni compresi, dalle superfici e dalle attrezzature, utilizzando mezzi chimici (disinfezione chimica) o fisici, quali il calore secco o umido (disinfezione termica) e in casi specifici anche i raggi ultravioletti.

❑ **Impianti di processo:** impianti finalizzati alla realizzazione di condizioni climatiche specifiche per particolari lavorazioni industriali.

❑ **Impianto di trattamento dell'aria o impianto aeraulico:** insieme di tutte le apparecchiature, le strutture, gli accessori e i controlli deputati a garantire la qualità dell'aria mantenendo specifiche condizioni microclimatiche. Rientrano nella definizione gli impianti di condizionamento/climatizzazione, di termoventilazione e di ventilazione.

❑ **Muffe:** microfunghi organizzati in strutture pluricellulari filamentose, di cui alcuni patogeni per l'uomo.

❑ **Pulizia:** procedura finalizzata alla eliminazione della sporcizia dalle superfici; è solitamente effettuata con mezzi fisici (spazzole, scovolini, apparecchi a getto di vapore od acqua ad alta pressione) e/o chimici. È un'operazione preliminare indispensabile alla buona riuscita di una eventuale fase di disinfezione o sterilizzazione.

❑ **Qualità dell'aria:** è determinata dalla concentrazione di contaminanti (chimici, fisici e biologici) in essa presenti. L'aria soddisfa i requisiti minimi di salubrità quando è garantito il benessere degli occupanti.

❑ **Sanificazione:** tutti i processi utili a rendere "sano" un oggetto, una superficie, etc. in relazione all'uso che se ne deve fare; comprende quindi gli interventi di pulizia (o detersione), disinfezione e sterilizzazione.

❑ **Terminali di mandata aria:** parti finali delle canalizzazioni aerauliche da cui fuoriesce l'aria di mandata.

❑ **Termoventilazione:** raggiungimento e mantenimento di specifiche condizioni ambientali relativamente alla temperatura, alla ventilazione e alla qualità dell'aria.

❑ **Unità Trattamento Aria o UTA:** macchina presente negli impianti di climatizzazione il cui scopo è quello di prelevare l'aria dall'esterno e trattarla a seconda delle richieste climatiche degli ambienti interni.

I parametri coinvolti nel trattamento dell'aria sono la temperatura, l'umidità, la velocità dell'aria e la purezza.

❑ **Ventilazione:** raggiungimento e mantenimento di specifiche condizioni ambientali relativamente alla ventilazione e alla qualità dell'aria.

18 Un esempio di calcolo utilizzando il bilancio di massa consigliato dalla normativa attuale

La quantità, la natura e la tossicità degli inquinanti presenti negli ambienti indoor è materia molto vasta e complessa e presenta molteplici e controversi aspetti, sia sotto il profilo della salute sia sotto quello del comfort ambientale.

In questa trattazione ci limiteremo a considerare quella parte di inquinanti che per la loro natura e soprattutto per la loro dimensione rappresentano il pericolo maggiore per la nostra salute, nel breve e nel lungo periodo.

Questi agenti inquinanti si possono, per semplicità, dividere in due grandi categorie:

GAS: Anidride carbonica (CO_2), Ossido di azoto (NO_x), Ossido di carbonio (CO), Formaldeide (HCHO) Radon (RN) etc.

MICROPARTICELLE : polveri PM_{10} $\text{PM}_{2.5}$ PM_1 , Fumo di tabacco, Batteri, Micropolveri e ceneri etc.

La soluzione più ovvia per minimizzare o annullare il rischio per la nostra salute, dovuto alle sostanze inquinanti presenti nell'ambiente interno è isolare e là dove è possibile, eliminare le fonti di tali sostanze.

Purtroppo tale soluzione appare praticamente inattuabile in quanto non solo comporterebbe lo studio di nuovi materiali e metodi di lavorazione durante tutti i campi e non solo in quello residenziale, ma anche un cambiamento radicale delle nostre abitudini e stili di vita in ambito lavorativo e domestico.

Quindi questo problema va affrontato e risolto con altre metodologie più concrete e fattibili. Due sono **le modalità principali utilizzate a questo scopo e sono:**

1. Diluizione della concentrazione di tutti gli inquinanti (gas e particelle) mediante l'apporto di sola aria esterna.

2. Diluizione della concentrazione dei gas con apporto d'aria esterna e eliminazione in loco delle particelle mediante filtrazione con sistema ad aria secondaria (UNI EN 13779 e UNI 10339rev).

La quantità d'aria esterna necessaria a riportare la concentrazione interna di tutti gli inquinanti (gas e microparticelle) a valori accettabili varia principalmente in funzione della loro produzione interna e della loro concentrazione nell'aria esterna secondo la relazione:

(E1)

$$V_0 = \frac{N}{E_v \cdot F_R \cdot (C_i - C_0)}$$

Dove :

N = Produzione di un dato inquinante

E_v = Efficienza di ventilazione (è il rapporto che esiste tra la concentrazione di un inquinante (CO₂) nell'aria espulsa e la concentrazione media nella zona occupata (**C_e/C_i**))

F_R = Fattore di riduzione della portata d'aria

C_i = Concentrazione media dell'inquinante nella zona occupata

C₀ = Concentrazione dell'inquinante nell'aria esterna

V₀ = Quantità d'aria esterna

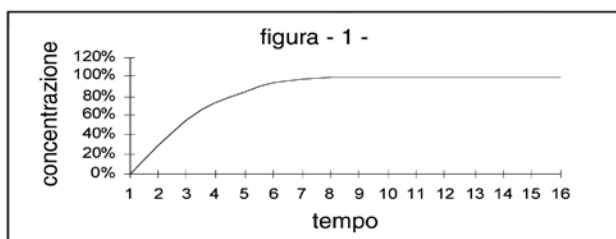
Si identifica nel livello di concentrazione di CO₂ in ambiente, un indice di valutazione della portata di ventilazione (m³/h) e del grado di qualità dell'aria in relazione alla presenza di inquinanti dovuta alle persone.

L'equazione (E1) identifica la quantità d'aria esterna (**V₀**) necessaria a tenere il valore della concentrazione del CO₂ (<0,1% o 1.000 ppm) voluta qualora in ambiente vi sia un regime di produzione, di diluizione e espulsione degli inquinanti stazionario e che sia stato raggiunto l'equilibrio tra questi fattori (equilibrio delle masse). Questa situazione è così caratterizzata ovviamente da una concentrazione interna di CO₂ costante.

Il tempo (**T**) necessario affinché ciò avvenga è in relazione, in maniera particolare e significativa, ai tassi di ventilazione per unità di volume (vedi Figura 1).

Questo periodo infatti varia in modo inversamente proporzionale al numero dei ricambi d'aria orari. La grande variabilità (anche di molte ore) del tempo che dovrà trascorrere per giungere ad una situazione di equilibrio, è dovuta sia alla non uniformità delle portate d'aria di rinnovo e sia all'incoostante produzione di inquinante nel periodo considerato.

Tempo impiegato dagli inquinanti per arrivare ad una concentrazione costante in ambiente



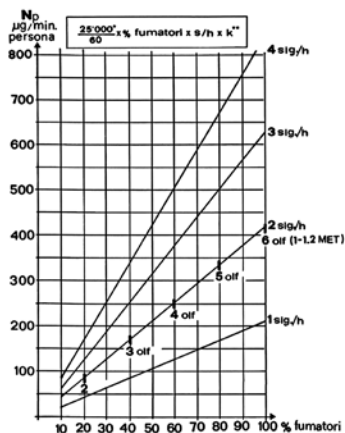
Alcuni studi fatti in condizioni reali hanno messo in evidenza e portato alla conclusione che in molte situazioni ambientali e all'inizio dell'occupazione, le quantità d'aria esterna richieste siano state addirittura sopravvalutate.

Sicuramente la concentrazione del CO₂ è un buon indice di valutazione del grado di qualità dell'aria, in considerazione del fatto che esso rappresenta in quantità, la maggior concentrazione di sostanze gassose inquinanti e il suo rapporto tra aria esterna e aria interna può essere maggiore di un ordine di grandezza (300/350 ppm nell'aria esterna e 3.000/4.000 ppm nell'aria interna), ma è del tutto insufficiente se riferito a inquinanti particellari submicronici, organici e non, derivanti da varie sorgenti esterne (traffico veicolare, fumi industriali ecc.) ed interne tra cui il più noto e famigerato fumo di tabacco. Tali sostanze necessitano di portate d'aria esterna maggiori, al fine di contenere le loro concentrazioni in ambiente a livelli considerati accettabili, in pratica livelli da non rappresentare un rischio per la salute degli occupanti.

I necessari tassi di ventilazione con aria esterna devono quindi aumentare sensibilmente se, nell'ambiente vi è una produzione di inquinanti micro-particellari, come ad esempio quelli generati dal fumo di tabacco dovuto alla presenza di fumatori o di polveri PM10 e 2.5.

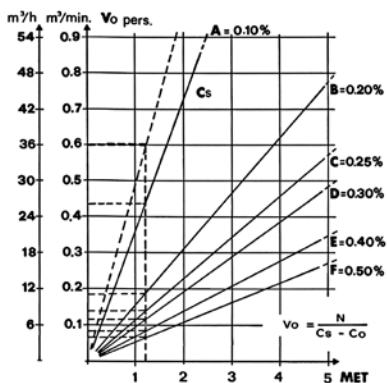
La figura 2 e 2a, redatta grazie a varie e numerose esperienze condotte in più parti nel mondo, e da bibliografia sull'argomento, evidenzia la quantità media ponderale ($\mu\text{g min./pers.}$) di sostanze prodotte dal fumo di sigaretta in rapporto alla percentuale di fumatori e dalle sigarette fumate in media nell'unità di tempo (h).

Figura 2



- * = Quantità media per sigaretta di particolato (Leaderer e Cain 1983)
 ** = K costante empirica (setting and plating factor A.E.Wheeler 1988)

Figura 2a



$C_s = 1000$	ppm	= 26	m^3/h	persona	(Vo)	(A)	Esempio della concentrazione di CO_2 con una attività fisica di 1.2 MET. (1 MET = 18.4 BTU/h per F_R)
= 2000	"	= 11	"	persona	"	(B)	
= 2500	"	= 8.5	"	persona	"	(C)	
= 3000	"	= 7	"	persona	"	(D)	
= 4000	"	= 5	"	persona	"	(E)	
= 5000	"	= 4	"	persona	"	(F)	

Esempio

A semplice titolo esemplificativo consideriamo un locale ad uso ufficio avente un volume di **50 m³** con la presenza costante di **2 persone**. Le quali svolgono un'attività fisica leggera pari a circa 1,2 met con produzione di **0,35 L/min. di CO₂** e una delle quali fuma mediamente **1,5 sig./h**. Le concentrazioni interne di gas e di microparticelle aumenteranno, dall'istante iniziale, in funzione della loro produzione interna e dalla quantità d'aria esterna di diluizione, caratterizzata anch'essa da una propria concentrazione di gas e di micro-particelle. L'incremento delle concentrazioni continuerà per un dato periodo di tempo (**T**) già citato nel paragrafo precedente, e terminerà nel momento in cui nell'ambiente si sarà raggiunto il punto di equilibrio e le concentrazioni rimarranno costanti (Fig. 1).

In altri termini, quando la somma delle concentrazioni degli inquinanti dovuta alla produzione interna (**N_i**) e a quella esterna (**N_o**) sarà uguale alla loro concentrazione nell'aria espulsa (**C_e**), ossia:

$$C_e = N_i + N_o$$

A quel punto il fabbisogno d'aria esterna per diluire la concentrazione degli inquinanti interni sarà dato secondo l'equazione **E1** da:

con riferimento alla concentrazione di CO₂

$$V_o = \frac{(N_i) 0,35 \cdot 10^{-3}}{E_v \cdot F_r \cdot [0,001 - 0,0003] (C_i - C_o)}$$

1/A.

$$V_o = 0,5 \text{ m}^3/\text{min} = 30 \text{ m}^3/\text{h}/\text{pers}$$

$$V_T = 30 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 2 \text{ persone} = 60 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$(Co_2) C_o = 300 \text{ ppm (concentrazione esterna)}$$

$$(Co_2) C_i = 1000 \text{ ppm (concentrazione max interna consigliata)}$$

$$(V_T) = \text{m}^3/\text{h} \text{ (Quantità d'aria esterna totale) Con riferimento alla concentrazione particellare}$$

$$V_o = \frac{156 (N_i)}{E_v \cdot F_r \cdot [50 - 0] (C_i - C_o)}$$

1/B.

$$V_0 = 3,12 \text{ m}^3/\text{min} = 187,2 \text{ m}^3/\text{h/pers}$$

$$V_T = 187,2 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 2 \text{ persone} = 374,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$(N_i = N_p) = 156 \text{ } \mu\text{g}/\text{min/pers} \text{ (vedi Fig.2) (produzione interna di particolati) (Fumo di tabacco)}$$

$$C_i = 50 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ (concentrazione max interna consigliata)}$$

$$C_0 = 0 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ (concentrazione esterna presunta, se filtrata)}$$

Nell'ipotesi **(1/A)** è stato considerato l'apporto d'aria esterna costante nel tempo (**Fr = 1**) e l'efficienza di ventilazione (**Ev**) uguale a **1 (CI = CE)** ossia che la concentrazione delle microparticelle espulse (**CE**) sia uguale a quella mediamente presente nella zona occupata dell'ambiente considerato (**CI**).

Nell'ipotesi **(1/B)** oltre a queste considerazioni, è stato supposto che l'aria esterna fosse priva di microparticelle (**C₀ = 0**), il che non è facilmente riscontrabile nella realtà.

I risultati indicano che la portata d'aria esterna sufficiente a diluire il CO₂ e di conseguenza gli altri gas (60 m³/h), è invece insufficiente a mantenere (servono 374,4 m³/h) la concentrazione particellare ai livelli voluti o auspicabili.

Questo obiettivo può essere raggiunto, senza per questo aumentare necessariamente le quantità d'aria esterna di rinnovo, ma disponendo in ambiente un idoneo sistema a ricircolo d'aria dotato di un setto filtrante ad alta efficienza di separazione. Questo dovrà essere in grado di separare e trattenere particelle aventi dimensione ad "inalabilità profonda", e quindi più pericolose per la nostra salute (PM10, 2,5).

Lo scopo di tale sistema è la separazione e il trattenimento di queste microparticelle onde evitare il loro accumulo nell'aria ambiente e conseguente assunzione da parte degli occupanti tramite la respirazione.

L'apporto d'aria esterna in questo caso avrà il solo scopo di mantenere il livello dei vari gas presenti a valori ottimali.

La relazione che lega tutti questi fattori, nel caso in cui la ventilazione con aria esterna sia costante, può essere espressa con la seguente equazione **(E2)** da **ASHRAE STD 62-99**:

(E2)

$$V_0 = \frac{N - (F_r \cdot V_r \cdot E_v \cdot E_f \cdot C_i)}{E_v \cdot (C_i - C_0)}$$

Dove :

V_r = Quantità d'aria secondaria filtrata (UNI EN 13779 e UNI 10339rev)

E_f = Efficienza di separazione del filtro (particelle < 1 µm)

F_r = Fattore di ricircolo dell'aria secondaria

Dalla relazione **(E2)** risulta evidente che il totale dell'aria esterna di apporto richiesto dipende dall'entità degli inquinanti prodotti in ambiente, dalla loro concentrazione nell'aria interna ed esterna, dalla quantità d'aria ricircolata, dall'efficienza del sistema filtrante, dall'efficienza di ventilazione e dal fattore di ricircolazione (inteso come percentuale fra il tempo di funzionamento del medesimo in funzione del periodo considerato).

Applicando la (E2) per dimensionare i valori di E_f, F_r, V_r nel caso dell'esempio precedentemente descritto avremo che:

(E3)

$$F_r \cdot V_r \cdot E_f = \frac{N - V_o \cdot E_v \cdot (C_i - C_o)}{E_v \cdot C_i}$$

E per dimensionare la sola quantità d'aria di ricircolo (V_r):

(E3a)

$$V_r = \frac{N - V_o \cdot E_v \cdot (C_i - C_o)}{E_v \cdot C_i} \cdot \frac{1}{F_r \cdot E_f}$$

Supponendo che il funzionamento del sistema filtrante a ricircolo sia costante F_r = 1 e che l'efficienza del filtro sia del **90% (E_f = 0,9)** la quantità d'aria di ricircolo sarà:

$$V_r = \frac{156 - 0,5 \cdot 1 \cdot (50 - 0)}{1 \cdot 50} \cdot \frac{1}{1 \cdot 0,9}$$

V_r = 2,9 m³/min = 174 m³/h

V_o = 0,5 m³/min (aria esterna **eq. 1/A**) (30 m³/h) per persona

Pur mantenendo la quantità d'aria esterna necessaria alla sola diluizione delle sostanze gassose si ottiene così anche una riduzione delle particelle sospese al valore desiderato (esempio: < 50 µg/m³). Infatti con riferimento alla concentrazione di particelle:

(E4)

$$C_i = \frac{N - V_o \cdot E_v \cdot C_o}{E_v \cdot (V_o + F_r \cdot E_r \cdot V_r)}$$

Quindi:

$$C_i = 60 \mu\text{g}/\text{m}^3 = \frac{N - V_o \cdot E_v \cdot C_o}{E_v \cdot (V_o + F_r \cdot E_r \cdot V_r)}$$

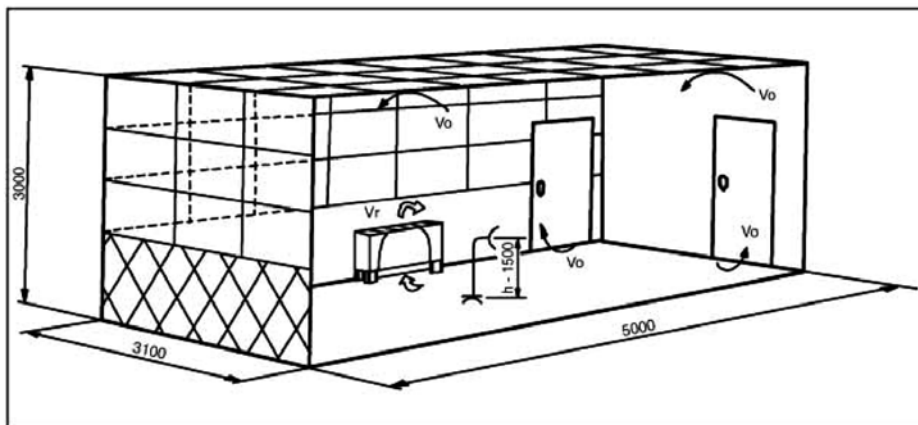
La quantità d'aria di ricircolo secondario è in funzione dei valori percentuali dell'efficienza di filtrazione e del fattore di ricircolazione. Un buon dimensionamento di questo sistema deve avere un giusto equilibrio tra questi fattori. Un'elevata efficienza di filtrazione dovrà quindi essere sempre supportata da una adeguata portata d'aria e viceversa.

Nel caso in cui si premiasse un solo fattore a scapito dell'altro si otterrebbe, in un caso, solo una filtrazione localizzata (**E_r >> V_r**) e nell'altro (**V_r >> E_r**) un abnorme, quanto inutile, movimento d'aria interna.

Descrizione di una prova pratica

Dopo aver valutato il grado di efficienza strumentale di un sistema a ricircolo è possibile ora calcolare teoricamente la sua efficacia depurativa in un ambiente in condizioni reali. Ciò si rende necessario quando va affrontato il problema del suo dimensionamento e del suo utilizzo sul piano pratico. Per valutare e verificare i calcoli teorici si è eseguita una prova di vita in un ambiente comune ad uso ufficio normalmente utilizzato a questo scopo. I dati, gli strumenti, le dimensioni e la tipologia dell'ambiente sono elencati ed evidenziati in fig.3.

Figura 3



Dati dell'ambiente:

Locale ufficio: Vol. 46,5 m³ (3,1 m x 5 m x 3 m/h) N° persone: 1

Temperatura: 18,6 ÷ 21,5 °C.

V_o (aria esterna): ≈ 24 m³/h

Umidità relativa: 46 ÷ 53 U/R

Efficienza di ventilazione : ≈ 0,7 (**E_v**)

Dati del sistema a ricircolo (ventilconvettore)

Portata di ricircolo **V_r** = 540 m³/h 9/m³min

Fattore di ricircolo **F_r** = 1 (il ventilconvettore sempre in funzione)

Efficienza strumentale **η** ≈ 80% (efficienza del filtro montato sul ventilconvettore < 1 mm) (**E_r**)

Dati degli strumenti

LPC (Laser particle counter) ROYCO mod. 243 A : Canali di lettura n°4 (0,3 - 0,5 - 5 - 10 μm)
(A.M. INSTRUMENTS Desio -MI-)

Canale 1 da ≥ 0,3 a < 0,5 μm

“ “ 2 da ≥ 0,5 a < 5 μm

“ “ 3 da ≥ 5 a < 10 μm

“ “ 4 da > 10 μm

Diluitore 1:50 Royco: Diluizione effettiva 1 : 54,28

Pompa Drager mod. Accuro

Fiale ozono a lettura diretta 0,05/b

: 0,05 - 0,7 ppm (0,005 - 0,07 ppm)

Termo umidostato

La stima dell'efficacia del sistema a ricircolo è stata affidata alla misurazione del livello di concentrazione numerica delle microparticelle presenti nell'ambiente. Le quali erano prodotte dal fumo di

sigaretta che veniva tipicamente generato ad intervalli di tempo prefissati e regolari.

La concentrazione numerica era determinata mediante un **Laser Particle Counter**, in grado di contare le microparticelle in ordine al loro diametro. Data l'esiguità in numero (MAX 10^6 partic/piede cubo) delle particelle che tale strumento è in grado di censire, è stato utilizzato un opportuno diluatore d'aria a monte della linea di prelievo del contaparticelle laser stesso.

La prova, durata 2 giorni, si è tenuta in un comune ambiente uso ufficio, con arredamento composto da sedie, scrivanie e armadi. Metà delle pareti erano in muratura e metà in vetro e alluminio, con un soffitto in cartongesso, posto ad una altezza di 3 m.

Le due porte, raffigurate in fig.8, davano l'una su un altro ufficio, l'altra su un corridoio posto in un area adibita a produzione industriale. La ventilazione era naturale ed era principalmente alimentata da fessure poste sotto entrambe le porte e lungo tutta la parete lunga prospiciente uno schedario nella parte superiore.

All'interno il sistema a ricircolo (SAR) era posizionato in centro alla parete lunga con il ventilatore sempre in funzione. Il prelievo del campione d'aria avveniva nella zona occupata e nel suo centro, ad un'altezza da terra di 1,5 m.

Per tutta la durata delle prove l'ambiente in esame era occupato da una persona e, saltuariamente, da due. Le aperture delle porte avvenivano mediamente due volte l'ora e duravano pochi secondi. La temperatura e l'umidità relativa sono rimaste praticamente costanti nei due giorni di prova con valori oscillanti tra 18,6 e 21,5 gradi e tra 46 e 53 U/R.

Metodologia della prova

La prova si è protratta per 8 ore in entrambi i giorni. Il primo giorno con il filtro elettronico, montato in aspirazione sul ventilconvettore, spento e il secondo con il filtro elettronico in funzione. Il campionamento dell'aria avveniva ogni 10 minuti per un totale di 49 prelievi con durata di un minuto e una quantità d'aria analizzata pari a un piede cubo ciascuno.

Il primo campionamento (1) dava una valutazione della concentrazione iniziale di particelle senza una loro produzione interna apparente (valore di fondo) dopo di che veniva avviato il sistema SAR. Alla fine dei rispettivi prelievi n° 4, 12, 17, 22 e 29 è stata accesa una sigaretta per un totale di 5 sigarette. La durata di ogni sigaretta era mediamente misurata attorno ai 6/7 minuti.

In entrambi i giorni la produzione interna (**Ni**) delle particelle, provocata dal fumo di sigaretta, è stata interrotta dopo 5 ore (punto 30) al fine di determinare i tempi di decadimento in ambiente delle stesse in relazione alle due modalità di abbattimento oggetto della prova.

Il secondo giorno si è valutato anche la concentrazione interna di ozono, prodotto dal filtro elettronico acceso, eseguendo misurazioni ogni ora.

Risultati

I risultati delle concentrazioni di microparticelle in ambiente, sono descritti nei **grafici 1, 2, 3**, la linea continua esprime l'andamento della concentrazione delle particelle in funzione del tempo con il filtro elettronico spento e con la ventilazione in funzione durante il primo giorno di prova.

La linea tratteggiata esprime la concentrazione delle particelle durante il secondo giorno di prova con il filtro elettronico del SAR in funzione.

I picchi (**A, B, C, D, E**) di concentrazione ai punti **5, 13, 18, 23 e 30** sono riferiti ai campionamenti d'aria effettuati subito dopo aver prodotto e omogeneizzato in ambiente il fumo di sigaretta. I valori sull'asse delle Y esprimono il numero delle particelle per piede cubo rilevato dallo strumento (LPC).

Per ottenere il valore reale effettivo per m^3 , tale numero va moltiplicato per 35,3.

I **grafici 1 e 3** descrivono l'andamento della concentrazione nel tempo delle particelle con diametro inferiore a 0,5 micron e a 5 micron rispettivamente.

Il grafico 2 evidenzia il tempo che è dovuto trascorrere per riportare le concentrazioni delle particelle $<0,5 \mu m$ dai picchi **E** e **E1** ai valori iniziali (1).

Il valore dei canali di lettura 3 e 4 ($>5 \mu m$) non hanno subito variazioni significative anche in concomitanza con la produzione del fumo di sigaretta. Questo a conferma che il fumo di tabacco è composto sostanzialmente da particelle inferiori a tali diametri.

La quantità di ozono in ambiente dopo 8 ore di funzionamento del filtro elettrostatico Crystall era notevolmente inferiore alla soglia ammessa per questo gas dagli standard internazionali più restrittivi ($< 0,02 \text{ ppm}$).

Valutazioni teoriche

Il voler analizzare e dimensionare in linea teorica i grafici dei risultati ottenuti sperimentalmente è alquanto arduo e problematico.

Ciò è dovuto alla estrema difficoltà pratica di valutare e determinare in maniera corretta alcuni aspetti e fattori che sono necessari ai fini di una giusta e appropriata analisi.

Pur tuttavia, partendo dai dati misurati e sperimentalmente verificati e utilizzando valori ipotetici ma teoricamente logici, per quelli non obiettivamente quantificabili, è possibile fare un'analisi a grandi linee, veritiera dei risultati ottenuti. Tra i dati ipotetici presi in letteratura vi sono **Ec** e il **Kd** che rappresentano rispettivamente l'effetto di condensazione e l'effetto di sedimentazione delle sostanze costituenti il fumo di tabacco. Nel caso di **Ec** l'effetto è sempre presente, dovuto alla differenza di temperatura del fumo prodotto e le superfici lambite dall'aria che lo contiene. Per il fattore di sedimentazione **Kd**, esso è presente in maggior misura quando la concentrazione in aria delle componenti del fumo è maggiore e quindi si è utilizzato nel calcolo

solo quando la filtrazione in ricircolo non era presente.

Un valore quantificabile teoricamente è la concentrazione dell'inquinante particellare (**C_o**) presente nell'aria esterna di apporto dovuta alla ventilazione naturale (**V_o**). Infatti dato che la quantità media d'aria esterna è stata valutata attorno ai 0,4 m³/min, la concentrazione iniziale misurata in ambiente (**C_{in}**) di 170f (f= fattore di moltiplicazione = 10³ . 54,28 . 35,3 = N° particelle < 0,5 µ per m³) il primo giorno, e di 120f il secondo, e l'efficacia di ventilazione stimata in **E_v** = 0,7 avremo che:

$$C_o = C_{in} \cdot E_v \cdot V_o$$

Perciò:

$$170f \cdot 0,7 \cdot 0,4 \approx 48f \text{ il 1° giorno } 120f \cdot$$

$$170f \cdot 0,7 \cdot 0,4 \approx 34f \text{ il 2° giorno}$$

Il valore **C_o** calcolato, l'efficienza strumentale di filtrazione del SAR verificata e la concentrazione media di particelle < 0,5 µm sulle 8 ore di prova (**C_{im}**) misurata e valutata sul grafico, ci consente di calcolare teoricamente, applicando la formula (**E2**), la quantità media di produzione di queste particelle generate dal fumo di sigaretta.

La produzione media interna di particelle (**N_i**) (< 0,5 µm) dovuta al fumo di sigaretta e data da:

$$N_i = V_o \cdot E_v \cdot (C_i - C_o) + (F_r \cdot V_r \cdot E_v \cdot E_f \cdot C_{im})$$

dove:

V_r = Quantità d'aria filtrata di ricircolo in m³/min = 9

E_f = Efficienza di separazione del filtro (particelle < 1 µm) più l'effetto **E_c** (η78+2)

E_c = " " dovuta alla condensazione (empirica 2%)

F_r = Fattore di ricircolo dell'aria = 1

E_v = Efficacia di ventilazione = 0,7

C_{im} = Concentrazione media durante la prova

V_o = Volume dell'aria esterna m³/min = 0,4

N_i = Numero di particelle prodotte per unità di tempo (minuto)

$$735f = 0,4 \cdot 0,7 \cdot (140f - 34f) + (1 \cdot 9 \cdot 0,7 \cdot (0,78 + 0,02) \cdot 140f)$$

La concentrazione interna media delle particelle (**C_{im} ≈ 140f**) con il filtro elettronico in funzione è evidenziata sul grafico 1 al punto 25 della linea tratteggiata rappresentante la media lineare di tutte le concentrazioni rilevate.

La concentrazione media con il filtro elettronico spento può essere letta direttamente sullo stesso

grafico, dove il punto 25 interseca la relativa linea continua della media lineare (**C_{im} ≈ 925f**) oppure calcolata con l'equazione **E4** e quindi:

$$920f = \frac{735f - (0,7 \cdot 0,4 \cdot 48f)}{0,7 \cdot (0,4 + 1 \cdot (Ec + Kd) \cdot 9)}$$

C_{im} con filtro elettronico spento ≈ **920f**

Dove: **Kd** = Fattore empirico di sedimentazione (0 ÷ 0,1)

Questo fattore è dovuto principalmente a fenomeni di condensazione e deposito sulle superfici verticali e orizzontali presenti nel locale considerato. Tali fenomeni sono in rapporto alla concentrazione, temperatura e produzione nell'unità di tempo degli inquinanti, nonché alle condizioni climatiche ed idrometriche interne dell'ambiente stesso.

Nel caso in cui avessimo voluto contenere la concentrazione media interna delle particelle ai valori di **C_{im} = 140f** adottando la sola ventilazione con aria primaria, avremmo dovuto aumentare notevolmente la portata d'aria esterna.

La portata d'aria esterna d'apporto (m³/min.) necessaria a questo scopo è data dalla equazione **E1** ossia:

$$11,4 = \frac{735f}{0,7 \cdot 1 \cdot (140f - 48f)}$$

Quindi con una differenza sostanziale (11,4 m³/min. contro i precedenti 0,4 m³/min.)

Questo aumento di portata d'aria esterna di ventilazione consentirebbe però una migliore miscelazione dell'aria interna e, quindi, comporterebbe probabilmente un aumento dell'efficienza di ventilazione (**E_v**), perciò tale quantità potrebbe essere ridotta in misura proporzionale; per esempio, ipotizzando un valore uguale all'unità, si avrà:

$$8 = \frac{735f}{1 \cdot 1 \cdot (140f - 48f)}$$

Circa **8 m³/min = (V₀)**

I tempi di abbattimento degli inquinanti particellari rilevati durante i due giorni di prova e descritti nel grafico 2 potrebbero essere rappresentati con buona approssimazione con la seguente equazione:

(E5)

$$T = \frac{\log. \left\{ \frac{C_{in} - [C_{in} \cdot (1 - K_f) + N_t]}{\frac{C_i - N_t}{1 - K_f} - C_i} \right\}}{\log. (1/1 - K_f)} + 1 = \text{minuti}$$

Dove:

Nt = Produzione totale di inquinanti (**Ni + No = n° . f/ m³**)

Nel caso in esame la produzione al punto 3 della scala dei tempi, al valore **E** e **E1** del grafico 2 è dovuta solamente alla fonte esterna (**No**) in quanto la produzione interna di particelle (**Ni**) era stata interrotta.

Quindi la produzione totale di particelle era funzione solo della loro concentrazione nell'aria esterna di apporto ossia:

(E6)

$$N_t = N_o = \frac{C_o \cdot V_o}{Vol.} \left\{ \begin{array}{ll} \frac{48f - 0,4}{46,5} = 0,41 f/m^3 & (1^\circ \text{ giorno}) \\ \frac{34f - 0,4}{46,5} = 0,29 f/m^3 & (2^\circ \text{ giorno}) \end{array} \right.$$

Cin = Concentrazione iniziale ($E \approx 1560f$ $E1 \approx 840f$)

Ci = " " dopo un tempo T di abbattimento

Kf = Coefficiente di filtrazione

(E7)

$$K_f = \frac{V_o + V_r \cdot (E_i + E_c)}{Vol.} \cdot Ev$$

Nel grafico 2 sono raffigurate le curve teoriche di abbattimento particellari nei due giorni di prova in base ai dati rilevati e utilizzando l'equazione sopra descritta.

Nota: le formule E1, E2, E3, E3a, E4, E6 riportate sono state riprese dallo Standard STD 62-99 dell'Ashrae. Le formule E5 e E7 sono state elaborate dal relatore.

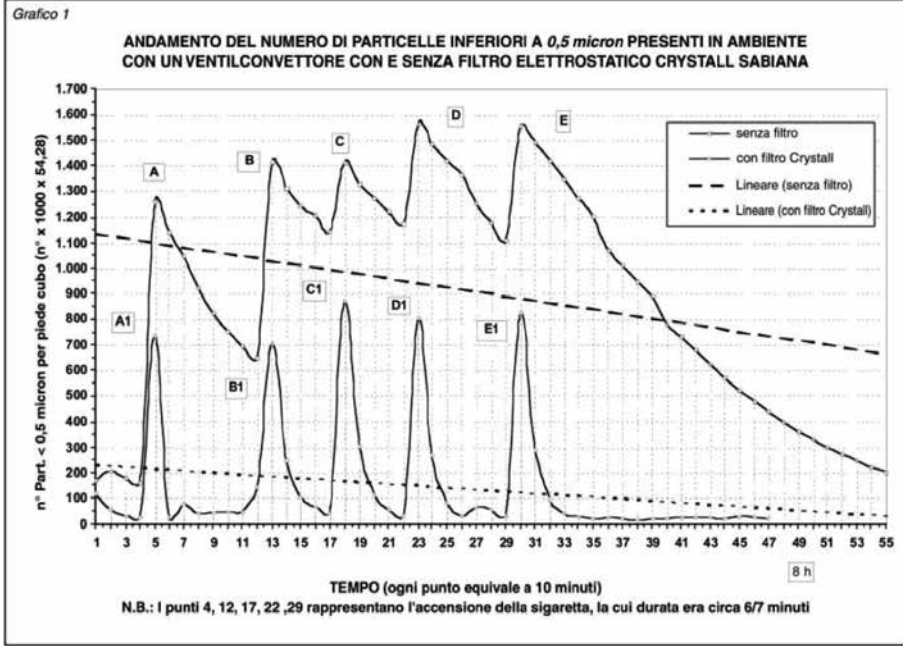


Grafico 2

**RIDUZIONE NEL TEMPO DELLE PARTICELLE INFERIORI A 0,5 micron PRESENTI IN AMBIENTE
CON VENTILAZIONE NATURALE E CON VENTILCONVETTORE DOTATO DI FILTRO ELETTROSTATICO**

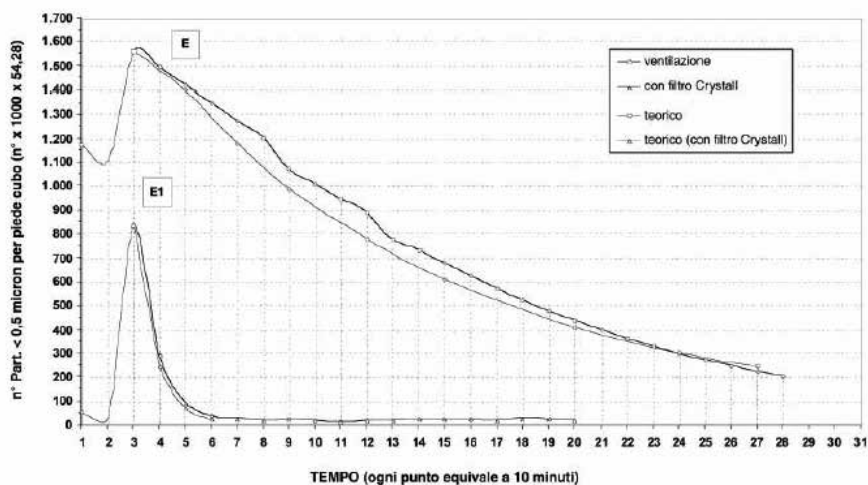
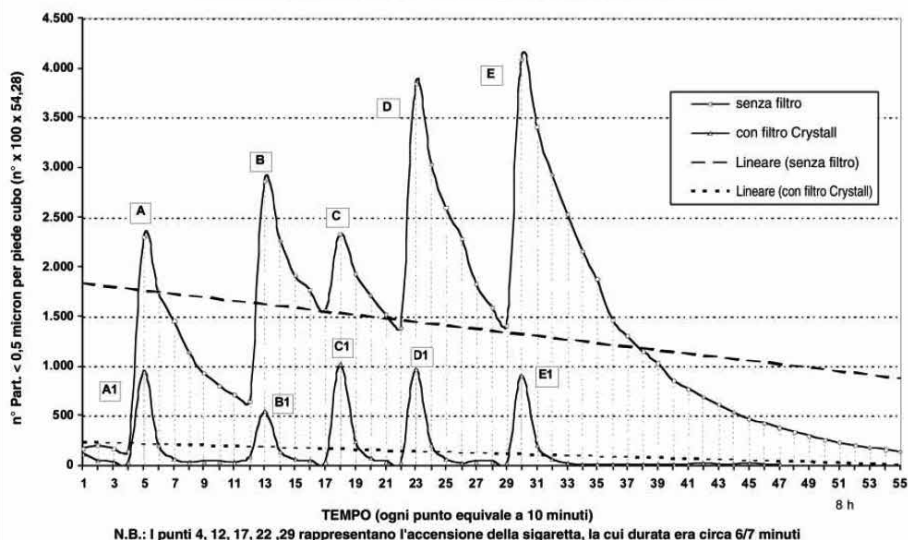


Grafico 3

**ANDAMENTO DEL NUMERO DI PARTICELLE INFERIORI A 5 micron PRESENTI IN AMBIENTE
CON UN VENTILCONVETTORE CON E SENZA FILTRO ELETTROSTATICO**



19 Sulla possibile riduzione microbiologica aerodispersa e sulla superficie di un filtro elettrostatico: “Abbattimento della carica batterica totale aerodispersa in un impianto di ventilazione mediante una barriera filtrante di tipo elettrostatico”

PREMESSA

Tutti noi sappiamo che i canali che trasportano e distribuiscono l'aria negli edifici sono “sporchi” e quindi contribuiscono al diffondersi, negli ambienti indoor, di agenti inquinanti di varia natura e più o meno patogeni per l'uomo.

Le cause di ciò sono molte e di varia natura, come, ad esempio, la cattiva o addirittura inesistente manutenzione e pulizia degli stessi, che va annoverata tra le principali cause, anche se non la sola. Impianti vecchi ed obsoleti, costruiti senza nessun principio, rendono altresì quasi impossibile ed inutile ogni forma di manutenzione.

La letteratura in materia è vasta e quindi non staremo qui a descrivere in dettaglio le varie cause di questo fenomeno. Anche se la conoscenza dei fattori che stanno alla base di questo problema ci aiuta a progettare e costruire impianti aeraulici sempre più sicuri ed affidabili, non solo sotto il profilo del comfort termico, ma soprattutto dal punto di vista sanitario.

Stato dell'arte

Per affrontare e tentare di risolvere questo problema, dov'è possibile, oggi si ricorre per lo più alla pulizia e alla conseguente, quanto necessaria, disinfezione dei canali. Le tecniche, le procedure di pulizia e la sanificazione finale sono diverse a seconda dell'impianto e degli strumenti utilizzati, fino ad arrivare ad una deposizione finale di materiale inerte e protettivo all'interno dei canali stessi. I costi di questa manutenzione, da considerarsi ordinaria, sono considerevoli, ed inoltre deve essere previsto un fermo impianto che può durare anche qualche giorno. Il tutto va ripetuto a scadenze prestabilite più o meno lunghe nel tempo, a seconda del tipo di realizzazione e delle problematiche ad essa connesse.

Infatti, se le cause dello sporcamento interno sono dovute, per esempio, a un cattivo bilanciamento e pressurizzazione dei canali, alla mancata installazione di idonei filtri e loro corretta gestione, ne deriva che il lavaggio rappresenti una soluzione temporanea e di breve durata se non vengono risolte le cause che stanno alla radice.

Spesso gli elevati costi della pulizia e della sanificazione rendono economicamente fattibile addirittura il rifacimento e l'ammodernamento dell'impianto stesso.

Questa seconda soluzione è finora l'unica perseguibile per molte tipologie di impianto. Infatti molti impianti non si prestano a nessun tipo di manutenzione in quanto presentano percorsi e geometrie impossibili da gestire in sito, ma si rende necessaria la loro rimozione e sostituzione.

Un nuovo possibile rimedio

Una possibile soluzione per una concreta riduzione del rischio per la nostra salute è rappresentata dall'installazione di barriere filtranti ad azione elettrostatica attiva, situate a valle dei canali e immediatamente prima che l'aria venga immessa nei locali.

Il filtro elettronico, come noto, è molto efficace nel trattenere particelle, fibre, sostanze biologiche, anche di piccolissimo diametro (1 micron), pur offrendo all'aria in transito una modesta perdita di carico nel tempo, anche in presenza di sporco sulle sue superfici.

La sua azione ionizzante con conseguente produzione di piccole quantità di ozono, combinata a raggi UV, contrasta la proliferazione di sostanze biologiche (batteri, muffe, lieviti ecc.) esistenti sulle superfici delle polveri transitanti, anche qualora non vengano trattenute dal filtro. Questo ostacola il diffondersi di agenti potenzialmente nocivi alla salute in tutti quegli ambienti interni che hanno in comune la stessa aria, poiché fornita dalla stessa centrale di trattamento. Il progetto che è stato realizzato tiene in giusta considerazione sia gli aspetti tecnici di filtrazione e sia quelli applicativi, per fornire un prodotto semplice e nel contempo affidabile, sia nel montaggio che nella sua manutenzione.

Le dimensioni di ingombro sono conformi e perfettamente adattabili alle geometrie più comuni e standardizzate delle bocchette e dei diffusori oggi presenti sul mercato.

L'applicazione delle batterie filtranti può essere effettuata anche su impianti già esistenti, senza alterare in maniera significativa le caratteristiche dell'impianto stesso.

Le barriere elettroniche presenteranno sempre una, se pur piccola, perdita di pressione aggiuntiva, rispetto alle normali bocchette, che l'installatore e/o il manutentore dovranno tenere presente.

Verranno forniti i relativi diagrammi delle perdite di pressione delle barriere, in funzione delle velocità dell'aria in transito.

Nei locali dove esistono più punti d'immissione d'aria, le barriere possono essere alimentate e regolate da una sola centralina elettrica, ubicata a discrezione dell'installatore. Le barriere filtranti sono collegate tra loro tramite una semplice connessione elettrica di elementare esecuzione.

La saturazione da sporco o mal funzionamento di una delle barriere così collegate, è segnalata dalla centralina con un segnale remotabile (on/off), il quale può essere luminoso e/o sonoro a discrezione dell'utente. La sicurezza elettrica è fornita da apposite protezioni montate su ogni barriera, le quali impediscono il contatto accidentale con parti sotto tensione, ciò nel caso in cui la rimozione del filtro avvenga senza previo distacco dell'alimentazione elettrica.

La rimozione del filtro elettronico, per la periodica pulizia, deve avvenire in tempi programmati, con scadenze che variano a seconda della tipologia e dell'età dell'impianto. Se l'utente si munirà, per questo scopo, di filtri accessori, l'operazione di manutenzione non comporterà nessun fermo d'impianto.

Le barriere filtranti possono essere installate e fissate al canale con viti o rivetti, in seguito si possono montare le relative bocchette, le quali possono essere mono filari o a doppio filare d'alette, con metodologie usuali.

Ogni barriera filtrante, dopo il filtro elettronico, potrà avere in dotazione un ulteriore filtro in lamiera d'alluminio microstirata e plissettata di due o più tipi di maglia.

Lo scopo di questo aggiuntivo stadio di filtrazione è quello di magnificare le prestazioni del filtro elettronico e di poter regolare se necessario, un'ulteriore perdita di carico su un determinato ramo dell'impianto di distribuzione dell'aria.

Questo filtro meccanico sarà montato a scatto sul filtro elettronico stesso e dovrà essere rimosso precedentemente in caso di manutenzione.

Quindi i vantaggi di questo nuovo sistema sono:

Possibile applicazione anche su impianti esistenti

Modesto impatto sul bilanciamento termico e aeraulico dell'impianto

Ridotta perdita di carico anche a filtro sporco

Elevata azione battericida su inquinanti di natura biologica (vedi certificazione)

Nessun costo di sostituzione filtri (filtri totalmente rigenerabili mediante semplice lavaggio)

Costi energetici aggiuntivi molto contenuti (alimentazione filtro elettronico)

Manutenzione semplice e veloce

Nessun fermo dell'impianto durante le operazioni di manutenzione della barriera filtrante

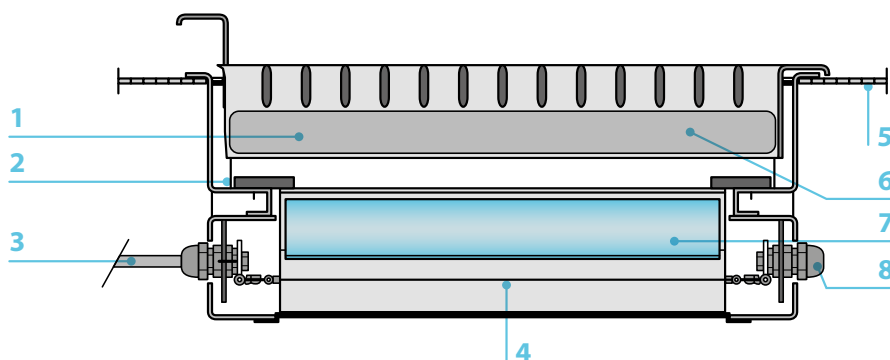
Alimentazione remotabile e in grado di alimentare contemporaneamente più barriere filtranti

Descrizione di una esperienza pratica

Scopo del presente lavoro è stato quello di verificare, seguendo la metodica indicata per le sale operatorie, l'entità della emissione di particolato biologico vivo da impianti esistenti di termoven-tilazione e di valutarne la possibile riduzione mediante l'installazione di un mezzo filtrante, nella fattispecie un elettrofiltro a piastre a doppio stadio tipo "Femec", inserito in un apposito telaio per poter essere applicato a canale a monte di un diffusore aria (bocchetta) (Fig.4).

Figura 4. Sezione della barriera filtrante

ESTERNO CANALE



1 Bocchetta	5 Canale
2 Blocca filtro elettronico	6 Filtro meccanico
3 Cavo alta tensione	7 Filtro elettronico Crystal
4 Zona ionizzante	8 Pressacavo

Parte sperimentale

Descrizione dell'impianto

L'impianto di climatizzazione, di tipo misto è al servizio dei locali della facoltà di ingegneria dell'Università di Ancona adibiti ad uso laboratorio preparazione campioni di tipo chimicoambientale. L'impianto prevede l'immissione di aria esterna o primaria fornita da un impianto centrale di ventilazione, mentre la climatizzazione dei locali è prodotta da apparecchi termici localizzati nei singoli ambienti.

Caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche degli aerosoli impiegati nelle misure

Particelle inorganiche

L'aerosol utilizzato per la produzione di particelle solide inorganiche da rimuovere è stato ottenuto tramite un generatore ultrasonico di umidità commerciale (Crio fog P 3000 frequenza 2 MHz). L'umidificatore è stato alimentato con soluzione acquosa di solfato di ammonio.

Una stimola del diametro delle particelle ottenibili può essere ottenuta tramite l'applicazione dell'onda capillare, le onde capillari vengono generate sulla superficie del liquido in un campo ultrasonico (22).

Una volta aerosolizzata, l'acqua rapidamente evapora dalla gocciolina lasciando un residuo contenente solidi in soluzione e sospesi. Il diametro medio della particella finale può essere determinato

a partire dal diametro della gocciolina originale, dalla densità del soluto non volatile e dalla sua concentrazione in acqua.

Partendo da una soluzione al 1% di solfato di ammonio si individua nelle condizioni descritte un diametro residuo di 0.6 mm.

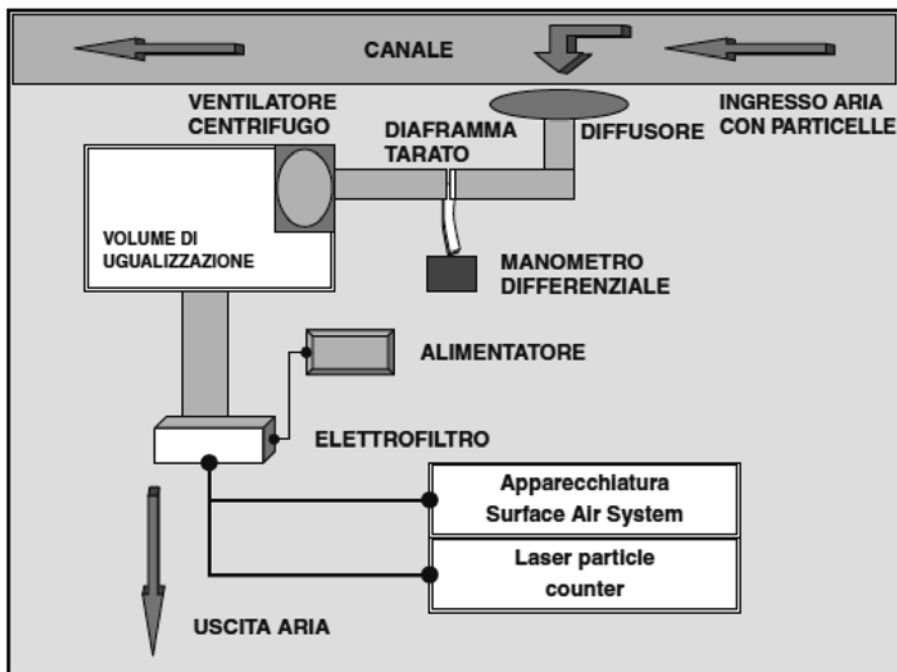
Tale granulometria rappresenta una condizione critica sia per l'efficienza di rimozione del filtro che per l'effetto sulla salute.

Particelle biologiche vive.

Le prove sono state condotte utilizzando la stessa aria primaria come sorgente di contaminazione biologica. L'aria viene prelevata dalla bocchetta di immissione, bocchetta direttamente collegata al sistema centrale di ventilazione tramite apposita canalizzazione.

Al fine di ottenere la maggiore uniformità possibile nelle concentrazioni batteriche nell'aria da sottoporre ad analisi, è stato predisposto l'apparato di ugualizzazione rappresentato per semplicità in figura 5.

Figura 5. Schema del banco di prova dell'elettrofiltro



Metodologia di analisi materiali e strumentazione impiegata

Aerosoli: la misura degli aerosoli totali viene realizzata con uno strumento laser per il conteggio numerico delle particelle Mod. CI-500 della CLIMET. Le misure hanno usufruito di un fattore di diluizione LPC = 60.4

La velocità e l'umidità relativa in condotta sono state misurate con un sensore a filo caldo della WBGT Controller collegato con un sistema di raccolta dati (Metrosonic mod. 714) che consente di registrare i valori medi dei parametri minuto per minuto.

Analisi della determinazione carica batterica totale (cfu/m³)

Terreno colturale: PCA (Plate Count Agar)

Piastre: rodac

Apparecchiatura: Campionatore attivo SAS (Surface Air System)

Campionamento carica batterica

Il campionamento è stato effettuato con campionatore attivo SAS (**Surface Air System**) (PBI) posizionando l'apparecchiatura a diretto contatto con la superficie del condotto di mandata dell'aria (figura 5). Le determinazioni sono state effettuate aspirando volumi di aria (da un minimo di 60 litri fino ad un massimo di 180 litri) ed utilizzando piastre rodac con terreno colturale specifico per la determinazione della carica microbica totale (Plate Count Agar) (Oxoid). I campionamenti sono stati effettuati a filtro acceso ed a filtro spento per valutare l'abbattimento della carica microbica. Le procedure sono state effettuate rispettando rigorosamente le condizioni di "asepsi". Al termine del campionamento le piastre sono state poste ad incubare in termostato alla temperatura di 37°C per 48 ore. Il risultato è stato espresso in cfu/m³.

Risultati

Il rendimento di abbattimento è definito come $h = (C_i - C_u) / C_i$, dove C_i e C_u sono le concentrazioni in uscita dall'elettrofiltro rispettivamente nelle condizioni di campo elettrico assente e presente.

Nella Tabella 1 sono riepilogati i risultati ottenuti sulla rimozione del particolato effettuati con il filtro acceso ed a filtro spento. I grafici 1-3 e le figure 6a e 6b illustrano, invece, i risultati ottenuti sulla carica microbica, espressi come percentuale di campioni positivi e negativi rilevati sempre in condizioni operative di filtro acceso e spento. In condizioni di filtro spento (assenza di campo elettrico) sono risultati complessivamente positivi il 63% dei campioni con cariche microbiche oscillanti da 5.5 a 50.0 cfu/m³. Con l'elettrofiltro in funzione sono risultati positivi il 21% dei campioni con cariche oscillanti da 5.5 a 16.6 cfu/m³. L'abbattimento della carica microbica con elettrofiltro in funzione oscilla da una riduzione del 50 al 100% (media 83.3%), inoltre, sui dati rilevati è stato applicato il

Test esatto di Fisher per una loro elaborazione statistica.

È stato utilizzato questo test statistico in quanto è un test che confronta le distribuzioni di frequenza dei campionamenti nei due gruppi (con e senza filtro). Una probabilità inferiore allo 0,05 individua una differenza statisticamente significativa. Dalla lettura delle tabelle si evince una differenza statisticamente significativa tra i due gruppi campionati (con e senza elettrofiltro) ed in tutte le condizioni operative di aspirazione dell'aria (60 litri = p 0.03; 120 litri = p 0.041; 180 litri = p 0.021).

Tabella 1. Valutazione del rendimento dell'elettrofiltro nella rimozione di particellati inorganici: riepilogo dei campionamenti effettuati in condizioni diverse.

Aerosol	Ddp	R	U.R. %	T °C
NHS	- 7500	99.91	34.8	20
NHS	+ 7300	99.90	32.7	21
NHS	+ 7300	92.06	29.9	25
NHS	+ 7300	95.46	29.9	23
NHS	+ 7300	99.76	31.2	23
NHS	+ 7300	87.30	31.9	24

NHS = ammonio solfato soluzione acquosa 1%;

Ddp = differenza di potenziale impiegata;

R = rendimento di abbattimento percentuale;

U.R. = % Umidità Relativa in condotta di misura;

T °C = Temperatura in condotta di misura

Grafico 1. Valutazione della carica microbica (cfu/m³) su 60 litri aspirati: riepilogo dei campionamenti effettuati in condizioni di funzionamento o meno dell'elettrofiltro.

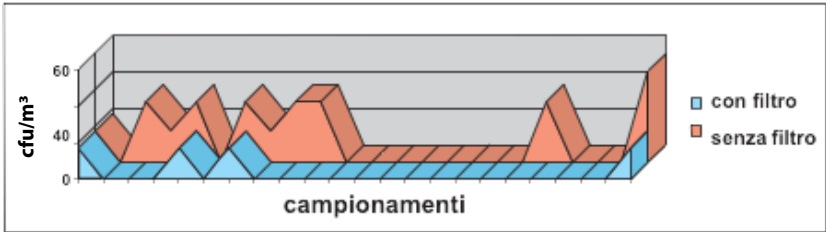


Grafico 2. Valutazione della carica microbica (cfu/m³) su 120 litri aspirati: riepilogo dei campionamenti effettuati in condizioni di funzionamento o meno dell'elettrofiltro.

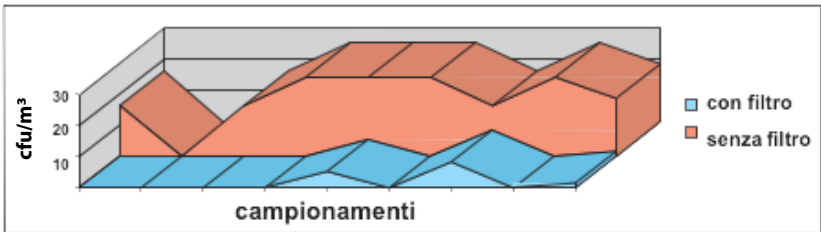


Grafico 3. Valutazione della carica microbica (cfu/m³) su 180 litri aspirati: riepilogo dei campionamenti effettuati in condizioni di funzionamento o meno dell'elettrofiltro.

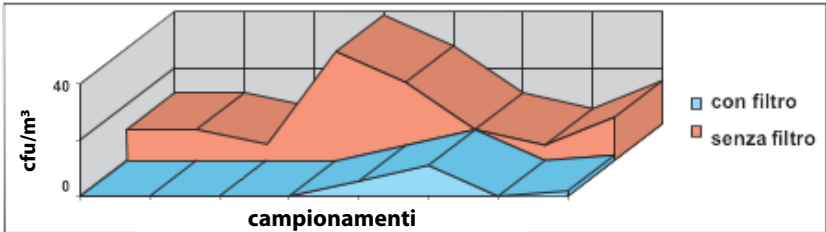
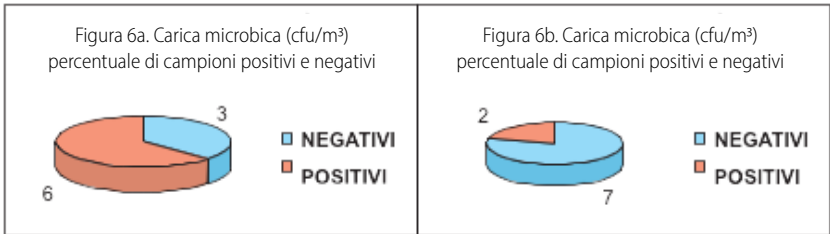
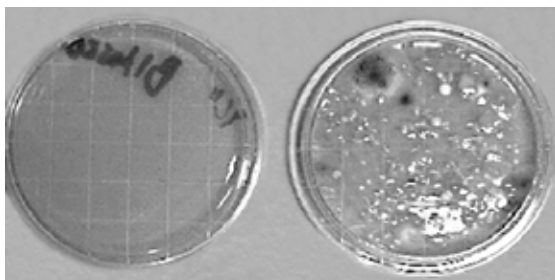


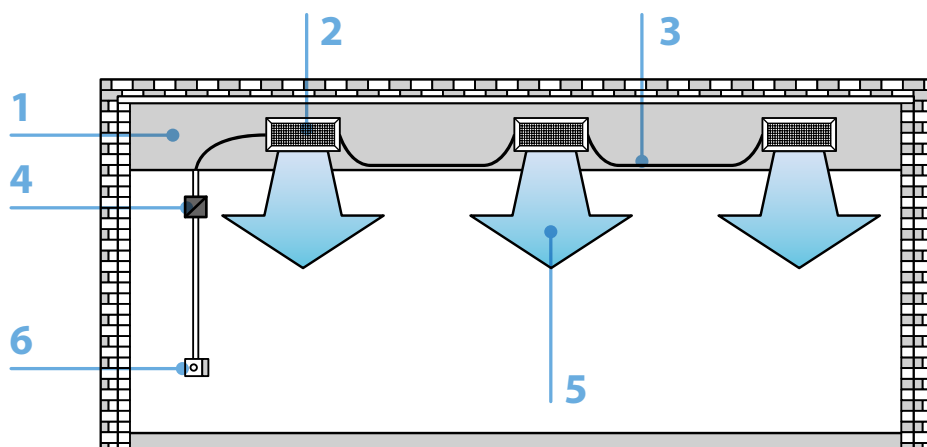
Figura 6. % Carica microbica riscontrata:



Nella figura sottostante sono raffigurate le piastre rodac con terreno colturale specifico dopo l'esposizione all'aria immessa in ambiente dall'impianto di ventilazione utilizzato per la prova. A sinistra si veda una piastra di campionamento con la barriera filtrante elettronica in funzione e a destra un'altra piastra con la barriera spenta.



Esempio di una possibile installazione



- 1** Canale
- 2** Bocchetta
- 3** Cavo alta tensione schermato
- 4** Scatola di alimentazione e controllo
- 5** Uscita aria
- 6** Accensione ON/OFF con segnalatore

Conclusioni

L'utilizzo di sistemi a ricircolo d'aria in ambienti indoor richiede l'adozione di tecnologie depurative in grado di rimuovere con grande efficacia i principali contaminanti aerodispersi. Nel caso delle microparticelle generate in laboratorio, per simulare la presenza di particelle inorganiche presenti in ambienti civili confinati, il filtro adottato ha mostrato un buon comportamento anche per particelle di diametro inferiore a $1\mu\text{m}$, comportamento atteso ed in linea con i dati di letteratura.

La tecnologia di filtrazione elettrostatica dell'aria, nelle condizioni operative impiegate, appare in grado di annullare o ridurre il livello di batteri vivi e di minimizzare così il rischio per la nostra salute negli ambienti confinati di vita civile.

L'intero set delle osservazioni sperimentali condotte ha evidenziato infatti una differenza statisticamente significativa nella carica microbica totale, ottenuta tramite filtrazione elettrostatica dell'aria di climatizzazione fornita da un impianto centrale di ventilazione.

L. BONTEMPI[°], M. D'ERRICO*, G. FAVA in collaborazione con la Sabiana

[°] Tecnica Bontempi s.n.c; * Cattedra di Igiene - Fac. Medicina Università Ancona;

[§] Dipartimento di Scienze dei Materiali - Fac. Ingegneria Università di Ancona.

19.1 Prove di efficacia dei filtri elettrostatici “Crystal” di Sabiana SpA

Oggetto:

Descrizione di una prova strumentale effettuata su filtri elettrostatici “Crystal” forniti da Sabiana Spa ed installati all'interno di un'aula scolastica in aspirazione su unità interne di trattamento aria tipo ventilconvettori verticali ed installati presso:

Università Normale di Pisa – Palazzo d'Ancona.



Abstract

La prova descrive quali sono i vantaggi, in termini di salubrità dell'aria e di risparmio energetico, nella riduzione dell'apertura delle finestre per l'aerazione e nell'uso concomitante di un filtro elettrostatico attivo a piastre ad alta efficienza ($\geq$ ePM1 80 %), certificato con le attuali normative tecniche di settore (EN UNI 16890), montato sull'aspirazione di un terminale di trattamento aria quale un ventilconvettore verticale.

Il principio che sta alla base della prova è molto semplice: al fine di garantire una elevata qualità dell'aria ambiente indoor e quindi ridurre al minimo i contaminanti aerodispersi presenti, l'aria esterna non filtrata, immessa in modo naturale (apertura finestra) nell'ambiente, può essere integrata e in gran parte sostituita da aria secondaria (aria ricircolata nello stesso ambiente dal ventilconvettore), purché quest'ultima venga filtrata con un'efficienza pari o superiore a quella prevista per l'aria esterna meccanica, così come viene chiesto dalle attuali norme di settore.

La prova mette in evidenza che l'uso di un filtro elettrostatico attivo a piastre in aspirazione su un ventilconvettore è in grado di abbattere e di ridurre le concentrazioni ambientali degli inquinanti particellari aventi un diametro aeraulico molto piccolo, nell'ordine di frazioni di micron, come quelli contenuti nel fumo di combustione (PM1 e PM2,5).

I risultati dimostrano che è stata ottenuta la stessa riduzione di PM (Polveri Sottili) in un tempo simile a quella ottenuta con l'apertura delle finestre. Il vantaggio economico consiste nel fatto che l'aria secondaria non richiede ulteriore dispendio energetico per essere riscaldata o raffreddata in quanto già trattata termicamente, a differenza dell'aria esterna che deve essere prima trattata ter-

micamente e poi filtrata prima di essere immessa in ambiente.

Il vantaggio sanitario è nell'eliminazione costante ed efficiente delle sostanze particellari solide o liquide (droplet) e sub-microniche, organiche e non, prodotte e presenti all'interno.

Un tale effetto di riduzione si potrebbe avere soltanto aumentando notevolmente i tassi di aerazione naturale con aria esterna, la quale porterebbe all'interno anche altri contaminanti, fattori ambientali di rischio, magari maggiore, per la salute umana e derivanti dalla produzione e presenza esterna di sostanze di natura chimica e biologica senza avere la possibilità di eliminarli prima (assenza di filtrazione).

Premessa

Nei giorni dal 19 al 20 gennaio 2021 si è proceduto ad effettuare delle brevi prove sperimentali di efficacia dei filtri elettronici d'aria "Crystall", prodotti da Sabiana Spa e aventi efficienza filtrante certificata ePM1 $\geq 80\%$ (UNI EN 16890). I filtri Crystall sono stati montati in aspirazione e collegati a ventilconvettori verticali installati a parete all'interno dell'aula didattica Marie Curie del Palazzo d'Ancona presso l'Università Normale di Pisa.

Il sistema di diffusione e di climatizzazione dell'aria nell'ambiente sottoposto a test è caratterizzato dalla presenza di due ventilconvettori, dotati entrambi del filtro elettrostatico "Crystall". La portata d'aria esterna manuale è affidata all'apertura di finestre posizionate sulle pareti esterne contrapposte.

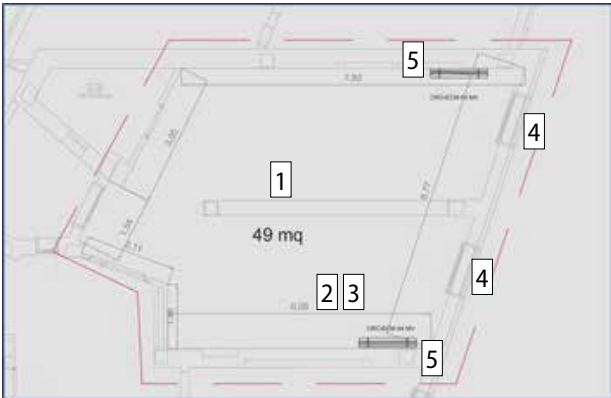
L'aria secondaria del ventilconvettore è presente in determinate condizioni, quali la necessità di raggiungere una determinata temperatura e la presenza di persone.

I filtri elettronici vengono alimentati all'attivazione della ventilazione del ventilconvettore.

L'aula didattica utilizzata per la prova ha dimensioni pari a 49 m³, con un'altezza di circa 2,8 m, con un tasso di occupazione massimo pari a circa 2 m²/persona (0,5/m²).

L'ambiente di prova è caratterizzato da arredi e finiture murarie interne che potremmo classificare come "non low polluting" secondo la normativa europea UNI EN 16798.1-2 di riferimento, in quanto sono presenti seggiole in stoffa che trattengono e producono polvere e una lavagna a gessetti.



Filtro elettrostatico attivo a piastre Il filtro dell'aria elettronico/elettrostatico "Crystall" si basa sul principio della separazione delle particelle presenti nell'aria mediante la loro polarizzazione elettrica e sul loro successivo trattenimento su superfici metalliche aventi polarità opposta. Esso è costruito con sottili lamine metalliche rastremate tra loro, le quali formano numerosi ed intensi campi elettrici. Le particelle inquinanti che vi transitano, caricate da un apposito elettrodo, sono attratte e trattenute, come da piccole calamite, sulle superfici contrapposte delle lamine. Il consumo di energia in questo processo è di piccola entità, circa 4/7 W per ogni 1000 m³ d'aria. Il filtro elettronico è realizzato in materiali metallici e può essere facilmente pulito con acqua e detergenti comuni, da cui la sua notevole durata nel tempo. (posizione 5)	Aria esterna naturale L'aerazione è fatta dall'apertura manuale di finestre molto grandi. La portata non è stata stimata. (posizione 4)		
LEGENDA: 1.posizione centrale di campionamento con contaparticelle Laser 2.posizione vicino alla fonte di campionamento 3.posizione della fonte del fumo-geno 4.parete laterale con finestre apribili 5.posizione dei convettori con filtro "Crystall"			
			
1 posizionamento	2 posizionamento	3 fonte	4 apertura manuale finestre

Programma di lavoro e metodologia

La prova è stata eseguita in tre fasi distinte: in primo luogo e per ogni fase si è effettuata una valutazione ambientale di fondo dell'ambiente e poi si è provveduto a fumigare l'ambiente con 5 bastoncini d'incenso, misurando costantemente la concentrazione delle polveri sottili prodotte, sia vicino alla fonte che nel centro dell'ambiente di prova, con due strumenti conta particelle laser uguali e tarati con strumento certificato BAM.

Descrizione temporale

1) 1° Fase: prove di fumigazione e misurazione della massima concentrazione ottenuta e decadimento naturale delle polveri prodotte (19/01/2021 circa 3h e 33min.)

- Selezione di un ambiente con presenza non continuativa da parte degli operatori.
- Ambiente chiuso con superficie di 49 m² e un volume di circa 140 m³.
- Portata d'aria esterna non valutabile e fatta mediante apertura finestre e infiltrazioni.
- Portate del convettore pari a circa 700 m³/h.
- Filtro elettrostatico spento.
- Posizionamento in ambiente della strumentazione particellare e valutazione anche della CO₂ massima interna nel tempo di occupazione di 2-3 persone.
- Posizionamento in aria esterna della strumentazione per la conta particellare outdoor.
- Misurazione continuativa e contemporanea tra indoor e outdoor per tutto il tempo di prova delle polveri PM1, PM2,5, PM10 e Totali.
- Accensione sistema di produzione particelle artificiali (accensione di 5 bastoncini di incenso).
- Spegnimento della produzione dopo 15 minuti.
- Valutazione della concentrazione massima ottenuta e del tempo di ripristino della condizione iniziale con l'immissione e presenza della sola aria esterna (aerazione naturale per trafilamento e con apertura finestre manuale).
- Registrazione manuale delle attività svolte nell'indoor e numero delle persone presenti.
- Situazione non omogenea nell'ambiente esterno (leggera pioggia e sole).

2) 2° Fase: prove di fumigazione e misurazione della massima concentrazione ottenuta e decadimento delle polveri prodotte con l'ausilio del filtro elettrostatico montato sul ventilconvettore. (20/01/2021 circa 1h e 6min.)

- Ambiente come nella fase 1 con presenza non continuativa degli operatori.
- Ambiente chiuso con superficie di 49 m² e un volume di circa 140 m³.
- Portata d'aria esterna non valutabile, finestre chiuse.
- Portate del convettore pari a circa 700 m³/h
- Filtro elettrostatico acceso.
- Posizionamento in ambiente della strumentazione particellare e valutazione anche della CO₂ massima interna nel tempo di occupazione di 2-3 persone.
- Strumentazione per la conta particellare outdoor.
- Misurazione continuativa e contemporanea tra indoor e outdoor per tutto il tempo di prova delle polveri PM1, PM2,5, PM10 e Totali.
- Accensione sistema di produzione particelle artificiali (accensione di 5 bastoncini di incenso).

- Spegnimento della produzione dopo 15 minuti.
- Valutazione della concentrazione massima ottenuta e del tempo di ripristino della condizione iniziale con filtri accesi.
- Registrazione manuale delle attività svolte nell'indoor e numero delle persone presenti.
- Situazione non omogenee nell'ambiente esterno (leggera pioggia e sole).

3) 3° Fase: prove di fumigazione e misurazione della massima concentrazione ottenuta e valutazione del tempo di decadimento delle polveri prodotte con l'ausilio del filtro elettrostatico montato sul ventilconvettore. (20/01/2021 circa 33min.)

- Ambiente come nella fase 1 e 2 con presenza non continuativa degli operatori.
- Ambiente chiuso con superficie di 49 m² e un volume di circa 140 m³.
- Portata d'aria esterna non valutabile, finestra chiusa.
- Portate del convettore pari a circa 700 m³/h
- Filtro elettrostatico spento.
- Posizionamento in ambiente della strumentazione particellare e valutazione anche della CO₂ massima interna nel tempo di occupazione di 2-3 persone.
- Strumentazione per la conta particellare outdoor.
- Accensione sistema di produzione particelle artificiali (accensione di 5 bastoncini di incenso).
- Spegnimento fumigazione dopo aver raggiunto la concentrazione desiderata (come fase1).
- Valutazione della concentrazione massima ottenuta e avvio della filtrazione sull'aria secondaria del ventilconvettore con misurazione del tempo necessario al ripristino della condizione iniziale.
- Registrazione manuale delle attività svolte nell'indoor e numero delle persone presenti.
- Situazione non omogenee nell'ambiente esterno (leggera pioggia e sole).

La strumentazione utilizzata

N° 3 MISURATORI di PM METONE AEROCET 531 S

Misura polveri sottili

2 strumenti in 1: polveri in tempo reale: misura contemporaneamente PM1, PM2.5, PM7, PM10 e TSP (= Polveri Totali)

conta particelle: conta contemporaneamente il numero di particelle su 5 canali: 0.3µm, 0.5µm, 1.0µm, 5.0µm e 10µm

Massima precisione: il conteggio delle particelle viene effettuato internamente su otto intervalli dimensionali; tale conteggio viene convertito in massa utilizzando un opportuno algoritmo

Time History: andamento delle polveri misurate nel tempo

Memoria di 4000 campionamenti.

Alimentazione con batteria ricaricabile agli Ioni di Litio con autonomia 8 ore in funzionamento intermittente e fino a 5 ore in funzionamento continuo.

Modalità Massa

Misura contemporanea di: PM1, PM2.5, PM7, PM10 e TSP

Campo di misura: 0 – 1,000 µg/m³

Risoluzione: 0.1µg/m³ (display/ serial output)

Intervallo campionamento: 2 minuti

Modalità Contaparticelle

5 Canali: 0.3µm, 0.5µm, 1.0µm, 5.0µm e 10µm

Concentrazione: 105.900 particelle/litro

Intervallo campionamento: 1 minuto

Precisione: ± 10% per calibrazione con aerosol

Norme: soddisfa o supera CE, ISO, ASTM, JIS

Portata pompa interna: 2,83 litri/m

Dimensioni: 15,9x 1,2x5,4cm

Peso: 0,88 kg

Temperatura operativa: 0° C ... +50° C

Certificato di taratura: SMF0003-002 2018

Strumenti tarati allo scopo con l'utilizzo di: BAM-1020 Continuous Particulate Monitor

PARAMETER SPECIFICATION: Operating Principle Measures ambient particulate concentrations using beta ray attenuation.

U.S. EPA Designations Class III FEM, PM10 (EQPM-0798-122) PM2.5 (EQPM-0308-170) PM10-2.5 (EQPM-0709-185)

EU Certifications TUV Rheinland, PM2.5 (936/21209919/A) PM10 (936/21205333/A, 936/21220762/A)

Misuratore di CO₂

Testo AG

Modello: 05600 4450-strumento multifunzione 445

Numero di serie: 00561290

Modello e numero di serie della sonda: 0632 1240

Certificato di taratura: TST 399/2019 MI

Risultati

Il grafico 1 è inerente alle concentrazioni nell'aria esterna rilevate nei giorni 19 e 20/01/2021.

Le concentrazioni sono state corrette mediante appositi algoritmi in considerazione della tipologia dello strumento utilizzato per il campionamento, in relazione alla temperatura e all'umidità registrate durante il prelievo in continuo nei due giorni di prova.

Grafico che illustra le concentrazioni esterne nei due giorni di prova

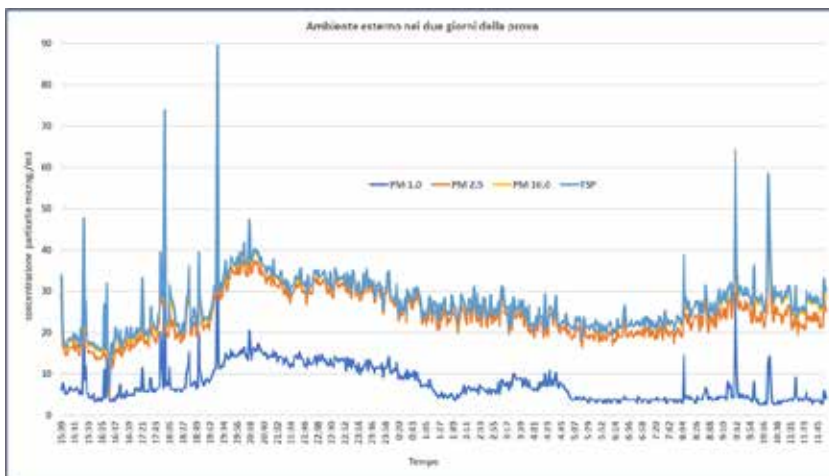


Grafico 1

Le concentrazioni esterne sono in linea con quelle riportate dagli organismi deputati alle misurazioni (ARPAT Toscana).

Posizionamento 1 del contaparticelle (centro aula altezza del respiro da seduto)

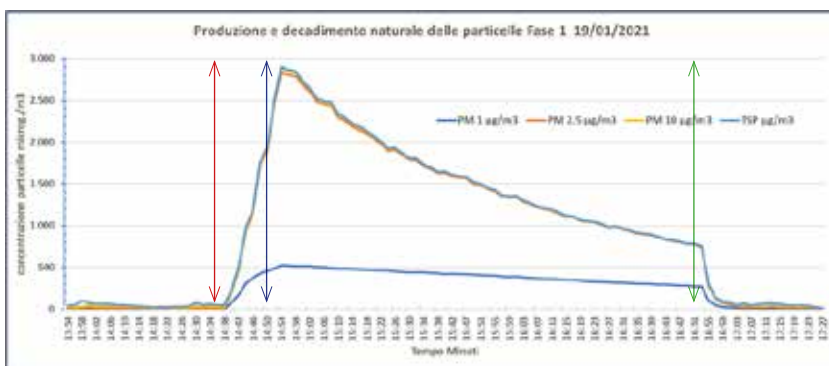


Grafico 2

Il grafico 2 riporta le concentrazioni delle polveri rilevate durante la Fase 1 (Freccia rossa inizio fumigazione) con un picco misurato subito dopo la fine (Freccia blu) della loro produzione e coincidente con lo spegnimento delle sorgenti fumogene. Si noti che la concentrazione massima misurata delle polveri con diametro aerologico $\geq$ PM2,5 è prossima a 3.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Il decadimento naturale è perdurato per due ore (Freccia verde) fino all'apertura delle finestre (16.50).

Particolare dell'andamento della concentrazione apertura finestre (posizione 1)

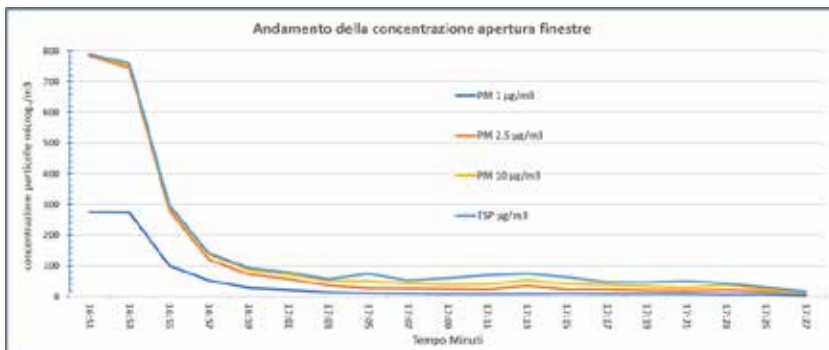


Grafico 3

Il grafico 3 riporta le concentrazioni delle polveri rilevate durante la Fase 1 all'apertura delle finestre (16.50) e partendo da una concentrazione pari a 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per particelle con diametro aerale $\geq \text{PM}_{2,5}$ fino alla fine della prova alle ore 17.20.

Posizionamento 2 del contaparticelle (scrivania vicino alla fonte)

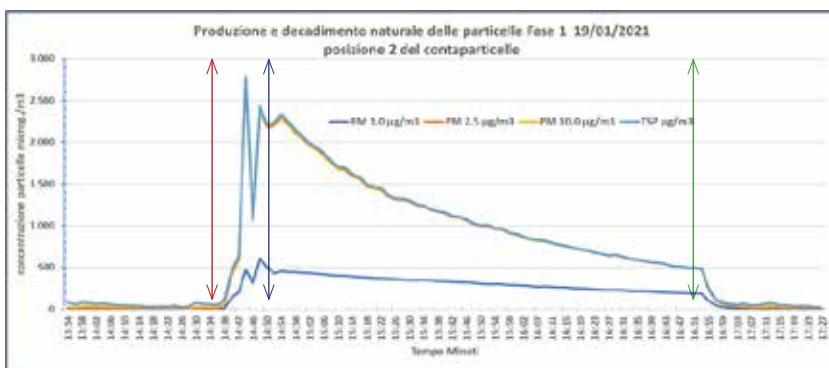


Grafico 4

Il grafico 4 come il grafico precedente, riporta le concentrazioni delle polveri rilevate durante la Fase 1 (Freccia rossa inizio fumigazione) con un picco misurato subito dopo la fine (Freccia Blu) della loro produzione e coincidente con lo spegnimento delle sorgenti fumogene.

Si noti che la concentrazione massima misurata delle polveri con diametro aerale $\geq \text{PM}_{2,5}$ è prossima a 3.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Il decadimento naturale è perdurato per due ore (Freccia verde) fino all'apertura delle finestre (16.50).

Anidride carbonica (CO_2)

La concentrazione interna massima misurata in ambiente durante tutto il periodo della fase 1 non ha superato le 1.200 PPM in volume.

Tale concentrazione è diminuita in concomitanza dell'apertura delle finestre fino ad un valore pari a 380 PPM alla fine della prova (ore 17.20).

Fase 2 (20/01/2021): Misurazioni in condizioni di aerazione naturale e filtrazione aria interna con filtro elettrostatico montato su ventilconvettore.

Posizionamento 1 del contaparticelle (centro aula altezza del respiro da seduto)

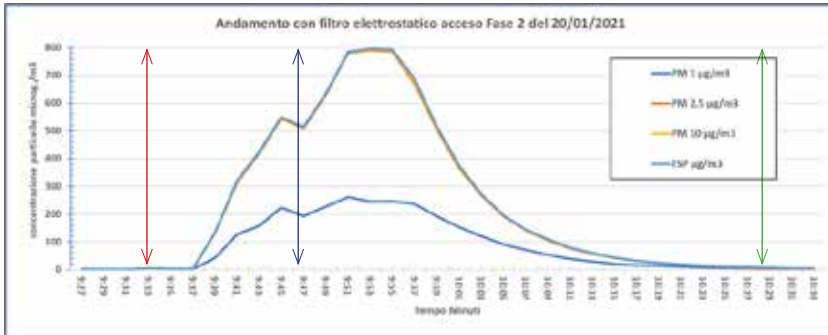


Grafico 5

Il grafico 5 riporta le concentrazioni delle polveri rilevate durante la Fase 2 e quindi con filtro elettrostatico acceso (Freccia rossa inizio fumigazione) con un picco misurato subito dopo la fine (Freccia Blu) della loro produzione e coincidente con lo spegnimento delle sorgenti fumogene.

Si noti che la concentrazione massima misurata delle polveri con diametro aeraulico $\geq$ di $PM_{2.5}$ è prossima a $800 \mu g/m^3$ che è circa il 30% della concentrazione massima rilevata nella fase precedente.

Il decadimento dovuto alla filtrazione elettrostatica montata sul ventilconvettore, come si può notare dal grafico, è decisamente più veloce del sistema naturale di circa 30 minuti fino alla fine della prova (Freccia verde) (10.30).

Posizionamento 2 del contaparticelle (scrivania vicino alla fonte)

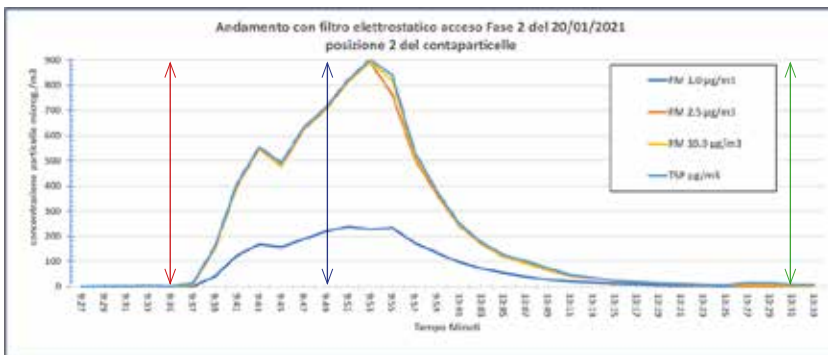


Grafico 6

Il grafico 6, come il grafico precedente, riporta le concentrazioni delle polveri rilevate durante la Fase 2 (Freccia rossa inizio fumigazione) con un picco misurato subito dopo la fine (Freccia Blu) della loro produzione e coincidente con lo spegnimento delle sorgenti fumogene.

Si noti che la concentrazione massima delle polveri prodotta e misurata vicino alla fonte (punto 2) con diametro aeraulico $\geq$ di $PM_{2.5}$ è prossima a $900 \mu g/m^3$.

Il decadimento dovuto alla filtrazione elettrostatica montata sul ventilconvettore, come si può notare dal grafico, è decisamente più veloce del sistema naturale, pari a circa 30 minuti fino alla fine della prova (Freccia verde) (10.30).

Fase 3 (20/01/2021): Valutazione del decadimento delle concentrazioni dei due sistemi in condizioni simili iniziali

Posizionamento 1 del contaparticelle (centro aula altezza del respiro da seduto)

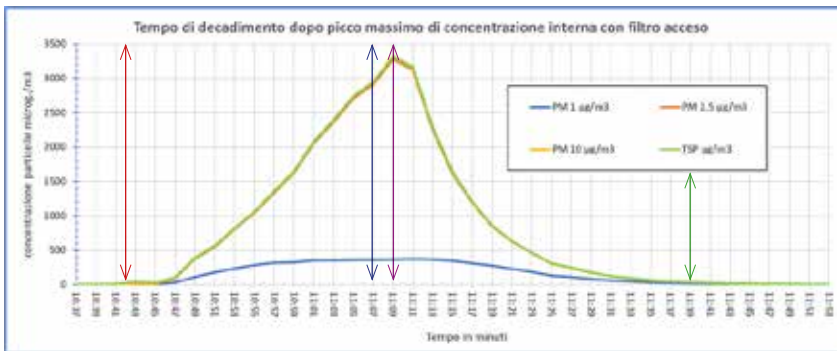


Grafico 7

Il grafico 7 rappresenta l’andamento delle concentrazioni di particelle in ambiente dopo aver acceso la fumigazione (5 bastoncini di incenso come nelle fasi precedenti) (freccia rossa) e una volta raggiunta una concentrazione fissata ed interrotto la fumigazione (freccia blu), si è provveduto ad accendere il filtro elettrostatico sul ventilconvettore (freccia viola) registrando la sua diminuzione nel tempo fino al raggiungimento di quella iniziale (freccia verde).

In questa 3° fase si voleva valutare il tempo di decadimento delle concentrazioni interne di particelle partendo da una concentrazione di riferimento per poi metterla a confronto con la fase 1 con modalità simili ma con la sola aerazione naturale vista in precedenza.

Posizionamento 1 del contaparticelle (centro aula altezza del respiro da seduto)

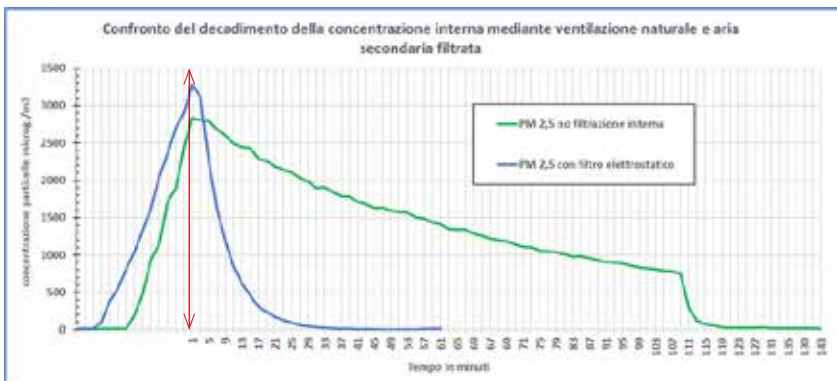


Grafico 8

Il grafico 8 rappresenta il confronto degli andamenti delle concentrazioni di particelle in ambiente tra la fase 1, con aerazione naturale di aria esterna (linea verde), e la fase 2, con aerazione naturale di aria esterna e filtrazione elettrostatica montata sui terminali d’aria quali i ventilconvettori (linea blu).
La freccia rossa rappresenta il punto di fine fumigazione e l’inizio del tempo per valutare il decadimento nelle rispettive condizioni di prova.

Anidride carbonica (CO₂)

La concentrazione interna massima misurata in ambiente durante tutto il periodo delle fasi 2 e 3 (tre ore) non ha superato i 1.000 PPM in volume, concentrazione rilevata alla fine della prova (ore 12.00) e al termine dell'occupazione dell'aula da parte delle persone.

Valutazione dei risultati ottenuti

Dai grafici riportati si evince in maniera chiara ed incontrovertibile che, tramite l'adozione di sistemi filtranti efficienti e certificati su sistemi terminali di climatizzazione ad aria secondaria (ventilconvettori), si può ottenere una elevata qualità dell'aria in linea con le normative e la legislazione vigenti, anche in presenza di produzioni interne di inquinanti particellari sostenute e anche se di piccolissimo diametro aeraulico (PM1).

La prova ha messo in evidenza come, in presenza di una fonte interna di inquinanti aeriformi e particellari, solo grazie ad un sistema di filtrazione efficiente sull'aria secondaria si è potuto notare una notevole attenuazione del loro picco di concentrazione interna e anche un ritorno a valori minimi di concentrazione in tempi più rapidi rispetto ad un sistema che prevede invece la sola aerazione con aria esterna.

Per ottenere gli stessi risultati di decadimento interno si sarebbe dovuto aumentare la portata dell'aria esterna, aprendo le finestre per più tempo e per più volte durante l'occupazione di persone. Questo avrebbe portato ad un aggravio notevole dei costi energetici per il trattamento dell'aria esterna e dell'aria interna ambiente, con un impatto architettonico e ambientale non sempre sostenibile senza contare che l'apertura manuale di finestre durante l'occupazione, in regimi invernali soprattutto ma anche estivi, significa ottenere in ambiente un discomfort di non poco conto, il che equivarrebbe ad un mancato rispetto delle normative europee e nazionali di settore su tale tema (ISO EN UNI 7730).

L. Bontempi
Tecnica Bontempi snc

20 Il fumo di tabacco

20.a Norma Italiana UNI11541: requisiti di progettazione, installazione ed esercizio degli impianti di ventilazione e climatizzazione a servizio degli ambienti in cui sia consentito fumare

Lo scopo

La norma definisce i requisiti costruttivi e prestazionali minimi da soddisfare nella progettazione, installazione ed esercizio degli impianti di ventilazione e climatizzazione a servizio degli ambienti in cui sia consentito fumare.

20.1 Il fumo di tabacco e la Legislazione nazionale e regionale in materia

La politica sanitaria nazionale si orienta sempre più verso la lotta al fumo di tabacco e al tabagismo in generale, lo stesso DPR 23 luglio 1998 (Piano Sanitario Nazionale per il triennio 1998-2000) si propone specificatamente di:

- Promuovere il rispetto del divieto del fumo nei locali pubblici e negli ambienti di lavoro.
- Promuovere l'attuazione di interventi di educazione sanitaria, con particolare riferimento alla popolazione in età scolare, selezionando rigorosamente gli interventi di cui è nota l'efficacia.
- Realizzare campagne mirate a promuovere l'interruzione del fumo fra le donne in gravidanza.
- Vigilare sulla corretta applicazione dei limiti alla pubblicità diretta e indiretta.
- Sostenere azioni volte a favorire la disassuefazione dal fumo, impegnando anche i medici di medicina generale con programmi strutturati di provata efficacia.
- Promuovere iniziative volte alla limitazione del consumo di tabacco fra i minori di 16 anni.

Il divieto di fumare

Art.32 della Costituzione (1947): “La Repubblica tutela la salute come fondamentale diritto dell’individuo e interesse della collettività e garantisce cure gratuite agli indigenti...”; Art. 41 Cost. :”L’iniziativa privata è libera. Non può svolgersi in contrasto con l’utilità sociale o in modo da recare danno alla sicurezza, alla libertà, alla dignità umana...”.

I datori di lavoro devono quindi prestare la massima attenzione per la protezione della salute e dell'integrità fisica dei lavoratori.

Art. 2087 del C.C. (1942): L'imprenditore è tenuto ad adottare nell'esercizio dell'impresa le misure che, secondo la particolarità del lavoro, l'esperienza e la tecnica, sono necessarie a tutelare l'integrità fisica e la personalità morale dei prestatori di lavoro.

Tale disposizione è rivolta a colmare le lacune di una normativa che non può prevedere ogni fattore di rischio ed ha una funzione sussidiaria rispetto a quest'ultima e di adeguamento di essa al caso concreto.

Art.9 del D.P.R. 19 marzo 1956, n. 303, modificato dall'art. 16 del d.lgs. 19 marzo 1996, n.242: Aerazione dei luoghi di lavoro chiusi.

- 1. Nei luoghi di lavoro chiusi, è necessario far sì che, tenendo conto dei metodi di lavoro e degli sforzi fisici ai quali sono sottoposti i lavoratori, essi dispongano di aria salubre in quantità sufficiente anche ottenuta con impianti di areazione.*
 - 2. Se viene utilizzato un impianto di aerazione, esso deve essere sempre mantenuto funzionante. Ogni eventuale guasto deve essere segnalato da un sistema di controllo, quando ciò è necessario, per salvaguardare la salute dei lavoratori.*
 - 3. Se sono utilizzati impianti di condizionamento dell'aria o di ventilazione meccanica, essi devono funzionare in modo che i lavoratori non siano esposti a correnti d'aria fastidiosa (articolo così sostituito dall'art. 33, d.lg. 19 settembre 1994, n.626) .*
 - 4. Qualsiasi sedimento o sporcizia che potrebbe comportare un pericolo immediato per la salute dei lavoratori, dovuto all'inquinamento dell'aria respirata, deve essere eliminato rapidamente (2).*
- 2. Comma così modificato dall'art. 16, d.lg. 19 marzo 1996, n. 242.*
- 3. Articolo così sostituito dall'art. 33, d.lg. 19 settembre 1994, n. 626.*

L'Art.9 L.20.05.70 n. 300 Statuto dei lavoratori: Tutela della salute e dell'integrità fisica.

I lavoratori, mediante loro rappresentanze, hanno diritto di controllare l'applicazione delle norme per la prevenzione degli infortuni e delle malattie professionali e di promuovere la ricerca, l'elaborazione e l'attuazione di tutte le misure idonee a tutelare la loro salute e la loro integrità.

La L. 11 Novembre 1975, n. 584: Divieto di fumare in determinati locali e su mezzi di trasporto pubblico ha introdotto per la prima volta il divieto di fumare in determinati locali e su mezzi di trasporto pubblico. Rappresenta una tappa importante verso la consapevolezza dei danni del fumo passivo.

Il legislatore ha posto un generico e assoluto divieto di fumo nei seguenti locali:

- nelle corsie degli ospedali; nelle aule delle scuole di ogni ordine e grado; negli autoveicoli di proprietà dello Stato, di enti pubblici e di privati concessionari di pubblici servizi per trasporto collettivo di persone; ecc.
- nei locali chiusi che siano adibiti a pubblica riunione, nelle sale chiuse di spettacolo cinematografico o teatrale; ecc.

Si può ottenere l'esenzione dall'osservanza della legge se è presente un impianto di condizionamento dell'aria o di ventilazione autorizzato dal Sindaco, sentito l'Ufficiale Sanitario.

- La violazione, quando sia possibile, deve essere contestata immediatamente.
- Se il pagamento non avviene si deve presentare rapporto al Prefetto il quale, mediante un'ingiunzione, prefigge un termine per il pagamento.
- Gli interessati possono fare ricorso al Pretore contro l'ingiunzione (la sentenza è inappellabile).

D.L. 19 Settembre 1994, n.626: Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro. (art. 33; art. 64, lett. b e art. 65, comma 2; art. 1, 4, 31).

Art. 64. Misure tecniche, organizzative, procedurali.

Il datore di lavoro:b) limita al minimo possibile il numero dei lavoratori esposti o che possono essere esposti ad agenti cancerogeni, anche isolando le lavorazioni in aree predeterminate provviste di adeguati segnali di avvertimento e di sicurezza, compresi i segnali "vietato fumare", ed accessibili soltanto ai lavoratori che debbono recarvisi per motivi connessi con la loro mansione o con la loro funzione. In dette aree è fatto divieto di fumare;

Art. 65. Misure igieniche. ***È vietato assumere cibi e bevande o fumare nelle zone di lavoro di cui all'art. 64, lettera b).***

La suddetta normativa dispone che il datore di lavoro, "in relazione alla natura dell'attività dell'azienda ovvero dell'unità produttiva", deve valutare, anche "nella sistemazione dei luoghi di lavoro", i rischi per la sicurezza e per la salute dei lavoratori, "adottare le misure necessarie", e "aggiornare le misure di prevenzione in relazione ai mutamenti organizzativi e produttivi che hanno rilevanza ai fini della salute e della sicurezza", riaffermando l'obbligo di "adeguare i luoghi di lavoro alle prescrizioni di sicurezza e di salute".

L'ordinamento ha previsto, inoltre, una tutela di carattere penale. Ai sopra ricordati obblighi del datore di lavoro corrispondono, infatti, in caso di omissione-violazione delle norme del **D.L.vo 626/94**, le sanzioni penali dell'arresto fino a sei mesi e quella dell'ammenda.

Se il datore di lavoro non predispose il documento di valutazione dei rischi o lo predispose carente nell'individuazione degli stessi (art. 3 e 4 D.L.vo 626/94) rischia la pena dell'arresto da 3 a 6 mesi o l'ammenda. Soggiace alla stessa pena se non adotta le misure di prevenzione e non le aggiorna ai mutamenti organizzativi anche in relazione al grado di evoluzione della tecnica della prevenzione (per le sanzioni in generale vedi l'art. 89 del D.L.vo 626/94).

La Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri "14 dicembre 1995: Divieto di fumo in determinati locali della pubblica amministrazione o dei gestori di servizi pubblici" ha sancito il

divieto del fumo in determinati locali della pubblica amministrazione o dei gestori di servizi pubblici. La direttiva viene emanata in seguito a due pronunce dei giudici amministrativi che hanno interpretato estensivamente le norme della legge **n. 584/75**.

- a) Il divieto di fumo viene esteso a tutte le amministrazioni pubbliche-private in qualche modo esercenti pubblici servizi a titolo di concessione o appalto o convenzione o accreditamento.
- b) Il divieto di fumo viene esteso a tutti i locali aperti al pubblico (cioè quello al quale la generalità degli amministratori e degli utenti accede, senza formalità e senza bisogno di particolari permessi negli orari stabiliti, oltre alle scuole e agli ospedali).
- c) Pertanto nei locali nei quali si applica il divieto di fumo saranno apposti cartelli con l'indicazione del divieto stesso nonché l'indicazione della relativa norma, delle sanzioni applicabili, del soggetto cui spetta vigilare sull'osservanza del divieto e dell'autorità cui compete accertare le infrazioni.
- d) I dirigenti devono individuare le persone incaricate di procedere alla contestazione di eventuali infrazioni, di verbalizzarle e di riferirne alle autorità competenti. Per i locali privati la segnalazione va rivolta ai pubblici ufficiali ed agenti competenti. (art. 13 L.24.11.81 n. 689).

Il rapporto va presentato al Prefetto. Tale disposizione, tuttavia, deve oggi essere applicata in maniera conforme ai sopravvenuti indirizzi espressi dalla Corte Costituzionale nella sentenza n. 1034 del 27 ottobre 1988.

Il giudice delle leggi ha infatti affermato che non spetta allo Stato indicare gli uffici competenti a ricevere il rapporto ex legge n. 689/1981 quando le violazioni siano attinenti a materie di competenza regionale.

In particolare, relativamente al divieto di fumo sui mezzi di trasporto tranviario e delle ferrovie in concessione, nonché nei locali adibiti allo stesso servizio di trasporto, la sentenza ha precisato che, quando l'infrazione è inerente ad attività affidate, a titolo proprio o di delega alle Regioni a norma dell'art.9 del D.P.R. n.616/1977, la competenza a ricevere il rapporto deve essere imputata agli organi dalla stessa individuati.

Lo stesso principio è stato affermato dalla Corte con riguardo al divieto di fumo nei locali chiusi di cui l'art. 1 della legge n. 584, "quando la proibizione di fumare si riferisce a luoghi, locali o mezzi sui quali si esercita la competenza regionale (come, ad esempio, le strutture del Servizio Sanitario Nazionale, i musei e le biblioteche affidate alle Regioni)".

Pertanto il rapporto va inviato alla Regione quando la violazione sia stata rilevata:

- nell'ambito dei servizi di trasporto pubblico rientranti nella competenza regionale;
- nell'ambito di luoghi, locali o mezzi sui quali le regioni esercitano competenze proprie o

delegate (in questa categoria rientrano le strutture sanitarie pubbliche);
nell'ambito degli uffici o delle strutture della Regione o delle aziende o istituzioni da essa dipendenti.

Tale interpretazione è stata data dal Ministero dell'Interno con Circolare n. 68 del 2 aprile 1996.

Resta da chiarire quali provvedimenti debbano assumere i destinatari del rapporto diversi dal Prefetto in caso di mancato pagamento delle sanzioni.

La sanzione amministrativa prevista dall'art. 7 della legge n.584/75 per il trasgressore era quella del pagamento di una somma di danaro da lire 1.000 a lire 10.000.

Per effetto degli artt. 10 e 114 della legge n.689/81 le sanzioni amministrative non possono essere inferiori quanto al minimo a lire 4.000 e quanto al massimo a lire 10.000.

La sanzione di cui si tratta è stata, dunque, elevata nel minimo da lire 1.000 a 4.000, ma è rimasta ferma nel massimo all'importo di lire 10.000.

Per completare il quadro sanzionatorio, si ribadisce che l'art.7 della legge n.584/75 prevede una sanzione anche per coloro che sono tenuti a far osservare il divieto e vengono meno a questo loro dovere, tale sanzione va da lire 20.000 a lire 100.000.

Il funzionario degli uffici pubblici preposto alla vigilanza e all'accertamento dell'infrazione deve essere dotato degli appositi moduli di contestazione e di trasgressione che procederà a compilare e a darne copia al trasgressore.

Trascorso inutilmente il termine per il pagamento in misura ridotta (60 gg.), il funzionario che ha accertato la violazione presenterà rapporto, con la prova delle eseguite contestazioni o notificazioni (ex art. 17 L. n. 689/81), al Prefetto (competente ex art. 9 L.n. 584/75) o, come sopra sottolineato, alla Regione.

Nei locali condotti da privati, il responsabile della struttura, ovvero il dipendente o il collaboratore da lui incaricato, richiederà i trasgressori all'osservanza del divieto e curerà che le infrazioni siano segnalate ai pubblici ufficiali ed agenti competenti a norma dell'art.13 della Legge 24 novembre 1981, n. 689 (art. 4, lettera c della Direttiva 14.12.95).

Sul modulo di contestazione devono essere indicate le modalità di pagamento della contravvenzione:

si può pagare direttamente al concessionario del servizio di riscossione dell'ente in cui è stata accertata l'infrazione, compilando apposito modulo. Il codice tributo da indicare è il 131 T che risponde alla voce "sanzioni amministrative diverse da IVA" (V.D.Lvo n.237/97 e relativo allegato).

Nota: va però inserito anche il codice "ufficio". Si tratta di un codice che ogni amministrazione pubblica deve avere e che dovrà essere stampato sul verbale di contestazione;

- si può delegare la propria banca al pagamento sempre utilizzando lo stesso modulo.

- si può pagare presso gli Uffici Postali con bollettino di Conto Corrente Postale intestato a Servizio Riscossione Tributi.

Il funzionario che ha accertato l'infrazione non può ricevere direttamente il pagamento dal trasgressore ai sensi delle vigenti leggi.

Corte Costituzionale: Sent. 11-20 dicembre 1996 n. 399: Salute. Tutela della salute dei non fumatori contro i danni del cosiddetto fumo passivo. Salute dei lavoratori sul luogo di lavoro.

Anche la Corte Costituzionale è intervenuta a sancire la tutela per la salute dei lavoratori per i rischi derivanti dal fumo. Con sentenza **n. 399 del 1996** ha affermato che “se pur non è ravvisabile nel nostro diritto positivo un divieto assoluto e generalizzato di fumare in ogni luogo di lavoro chiuso, non si può disconoscere che nell’ordinamento già esistono disposizioni intese a proteggere la salute dei lavoratori da tutto ciò che è atto a danneggiarla, ivi compreso il fumo passivo”. La sentenza afferma che se alcune norme prescrivono legislativamente il divieto assoluto di fumare, in speciali ipotesi ciò non esclude che “da altre disposizioni discenda la legittimità di analogo divieto con riguardo a diversi luoghi e secondo particolari circostanze concrete” e che “sia inesatto ritenere, comunque, che altri rimedi voluti dal vigente sistema normativo siano inidonei alla tutela della salute dei lavoratori anche rispetto ai rischi del fumo passivo”.

La Corte Costituzionale individua, quindi, negli art. 32 e 41 della Costituzione, nell’art. 2087 del c.c., negli art. 1, 4, e 31 del D.L.vo n. 626/94, nonché nell’art. 9 del D.P.R. n. 303/56, come modificato dall’art. 16 del D.L.vo n. 242/96, ed infine nell’art. 9 della L. n. 300 del 1970 cui si collegano gli art. 18 e 19 del D.L.vo N.626/94 già citato, le norme che apprestano una tutela per la salute dei lavoratori all’interno dei luoghi di lavoro, anche dai rischi che ad essi possono derivare dal fumo passivo. La sentenza sancisce quindi:

- la tutela della salute dei non fumatori contro i danni del cosiddetto fumo passivo,
- la salute dei lavoratori sul luogo di lavoro,
- il divieto di fumare nei luoghi di lavoro chiusi,
- la assoluta esigenza di non ledere, né porre a rischio, la salute altrui e il diritto del lavoratore a chiamare il datore di lavoro innanzi al giudice per l’accertamento di eventuali responsabilità.

Dall’esame della legislazione sul divieto di fumo si ricavano le seguenti conclusioni:

In tutti i luoghi di lavoro deve essere garantita la salubrità dell’aria e qualsiasi pericolo per la salute dei lavoratori derivante dall’inquinamento - ivi compreso il fumo - deve essere eliminato

Il diritto alla tutela della salute deve prevalere sulla libertà di fumare.

I datori di lavoro devono attivarsi per verificare se la salute dei lavoratori sia adeguatamente tutelata e per individuare possibili interventi (creazioni di ambienti riservati ai

fumatori, impianti di areazione, cartelli di divieto).

È importante sottolineare la natura precettiva delle norme, la responsabilizzazione del lavoratore, ma soprattutto del datore di lavoro e l'importanza del ruolo della Regione anche come destinataria dei rapporti sulla violazione del divieto di fumo riferiti alle strutture del S.S.N..

Ciò ai sensi degli articoli 117 e 118 della Costituzione i quali delegano alle Regioni i compiti relativi alla assistenza sanitaria ed ospedaliera.

20.2 Legislazione regionale

La legislazione regionale non si è invece molto occupata finora del fumo.

Merita un cenno la **legge regionale 7 agosto 1996 n.65 “Norme in materia di tutela della salute contro i danni derivati dal fumo”. G.U. 18.1.97 n.3 serie speciale 3 B.U. Toscana 13.08.96 n.65 cat.9** che estende:

- Il divieto a tutti i locali chiusi utilizzati a qualunque titolo dalla Regione, dall'azienda e dagli enti regionali.
- Il divieto vale pure per i luoghi chiusi quando viene avanzata richiesta da uno dei lavoratori.
- Vengono stabilite sanzioni gravi i cui proventi sono destinati a finanziare attività di educazione ed informazione con sanzioni aggravate nel caso in cui l'infrazione provenga da coloro che sono preposti al controllo (Direttori Generali o dipendenti incaricati).

Importanti spunti di riflessione emergono pure nella **Deliberazione della Giunta Regionale 26.05.99 n.785: Progetto Regionale Tabagismo in B.U. Emilia Romagna 13.07.99 parte II n.57;**

- include la lotta al tabagismo tra le aree di attività dei dipartimenti per le dipendenze patologiche in un'ottica di integrazione con il sistema dei SERT;
- prevede interventi di prevenzione primaria, secondaria e terziaria del tabagismo e dei problemi fumo-correlati (campagne di informazione, centri antifumo);
- stabilisce linee guida per la stesura di un regolamento aziendale, per l'applicazione della normativa antifumo in tutti i locali delle aziende sanitarie (si prevede invio del processo di contravvenzione al Sindaco per l'irrogazione della sanzione).

20.3 Proposta di legge avanzata da Veronesi, passata in Consiglio dei Ministri, non ancora entrata in fase attuativa in quanto deve essere discussa ed approvata in Parlamento.

Divieto di fumo, la svolta di Veronesi
(DDL CDM 7.7.2000)

Divieto assoluto di fumare negli uffici pubblici e privati, ospedali e studi medici, stazioni ed aeroporti, ristoranti e bar, caserme e commissariati, scuole e pene severe contro i trasgressori. L'offensiva anti-fumo lanciata dal ministro della Sanità Umberto Veronesi impone rigidi vincoli per i responsabili delle strutture, che dovranno individuare personale ad hoc, incaricato di far rispettare le disposizioni di legge. Deroghe a favore di chi fuma saranno consentite solo in apposite aree dei locali. Le multe andranno da 50 a 300 mila lire, le sanzioni fino a diversi milioni per i responsabili delle aziende che non faranno rispettare i divieti. Ecco il disegno di legge approvato dal Consiglio dei ministri del 7 luglio 2000.

Schema di disegno di legge recante disposizioni organiche sul divieto di fumare

Articolo 1. (Divieto di fumare)

6. È vietato fumare nei seguenti ambienti chiusi, pubblici e privati, quando vi sia accesso al pubblico [1]
 - g) uffici pubblici e privati;
 - h) strutture sanitarie, ivi compresi gli studi medici;
 - i) scuole di ogni ordine e grado, ivi comprese le università;
 - j) mezzi di trasporto pubblico e relative stazioni , ivi comprese quelle portuali e marittime ed aeroportuali;
 - k) strutture destinate ad attività sportiva, ricreativa, culturale, congressuale, di spettacolo e di ritrovo;
 - l) esercizi commerciali, di ristorazione e qualsiasi altro locale in cui si somministrano alimenti e bevande.
7. Il divieto di fumare si applica, altresì, negli ambienti chiusi, non aperti al pubblico in cui si svolge attività lavorativa.
8. Lo stesso divieto si applica nei locali chiusi di soggiorno e di lavoro dell'amministrazione della difesa, delle forze di polizia e del Corpo nazionale dei vigili del fuoco, diversi da quelli contemplati ai commi 1 e 2.
9. Con Regolamento ai sensi dell'art. 17, comma 1 della legge 23 agosto 1988 n. 400 [2], su proposta del Ministro della Sanità, può essere aggiornato o modificato l'elenco ambienti e

dei locali di cui ai commi 1, 2 e 3 che per loro caratteristiche oggettive determinano la possibile prolungata e diretta esposizione dei non fumatori al fumo passivo ai quali estendere il divieto di fumare ai sensi del presente articolo, precisando per ciascuno di essi i parametri di afflusso di persone e di ventilazione che comportano l'applicazione del divieto, ferma restando in ogni caso l'applicazione dell'articolo.

10. Nei locali in cui si applica il divieto di fumare è obbligatoria l'apposizione di cartelli con l'indicazione del divieto, delle relative prescrizioni normative, delle sanzioni, del nominativo del soggetto cui spetta vigilare sull'osservanza del divieto e dell'autorità competente ad irrogare la sanzione.

Articolo 2. (Aree per fumatori)

3. In deroga al divieto di cui all'articolo 1, possono essere istituite apposite aree riservate ai fumatori, da indicarsi mediante appositi cartelli, che rispondano ai seguenti requisiti:

d) rispetto delle norme vigenti in materia di prevenzione degli incendi e di igiene degli ambienti, nonché dei principi contenuti nel decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626 [3], e successive modifiche ed integrazioni sul miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori nei luoghi di lavoro;

e) idonea separazione fisica dagli ambienti ove vige il divieto di fumare;

f) adeguata ventilazione e depurazione dell'aria mediante idonei impianti.

g) relativamente ai locali di cui all'art. 1, comma 2 l'istituzione di aree riservate per fumatori è definita a seguito di contrattazione locale con le organizzazioni sindacali e con gli organismi di rappresentanza del personale. Limitatamente ai locali di cui all'art. 1, commi 2 e 3 dell'Amministrazione della Difesa, delle Forze di Polizia e del Corpo nazionale dei Vigili del Fuoco, nonché per quelli compresi nelle aree di cui all'art. 23, comma 6 del decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, si provvede con le modalità stabilite con decreto del Ministro competente di concerto con i Ministri della Sanità, del Lavoro e della Previdenza sociale e della Funzione pubblica, tenendo conto delle particolari esigenze e delle disposizioni del decreto legislativo 25 maggio 1995, n. 195 [4].

Articolo 3.

(Obblighi dei responsabili)

1. I soggetti preposti alla direzione della struttura pubblica ovvero investiti della responsabilità della struttura privata sono tenuti a:

d) curare l'affissione dei cartelli indicatori dei divieti;

e) applicare le norme per le aree riservate per fumatori;

f) vigilare sul rispetto dei divieti, direttamente o mediamente personale a ciò delegato.

Articolo 4. (Sanzioni)

- 7) La violazione del divieto di cui all'art. 1 è punita con la sanzione amministrativa del pagamento di una somma da lire 50.000 a lire 300.000. All'accertamento dell'infrazione ed alla verbalizzazione provvedono i competenti organi di polizia, l'incaricato della vigilanza limitatamente ai luoghi che rientrano nella disponibilità della Pubblica Amministrazione, e il delegato del datore di lavoro limitatamente ai luoghi di lavoro di cui all'art. 1, comma 2.
- 8) La violazione degli obblighi di cui all'art. 3 è punita con la sanzione amministrativa del pagamento di una somma di lire 1.000.000 a lire 6.000.000. All'accertamento dell'infrazione e alla verbalizzazione provvedono i competenti organi di polizia e, laddove previsti da specifici ordinamenti, gli organi di vigilanza preposti a ciascun settore di competenza.
- 9) La competenza per l'irrogazione delle sanzioni in caso di mancato pagamento è attribuita alla Regione quando la proibizione di fumare riguarda luoghi, locali o mezzi di trasporto di pertinenza regionale. In tutti gli altri casi è competente il Prefetto.
- 10) La disciplina del procedimento relativo alla contestazione ed alla notificazione delle violazioni, al pagamento in misura ridotta, all'obbligo del rapporto e all'emissione dell'ordinanza-ingiunzione è regolata dalle disposizioni contenute negli articoli 14, 16, 17 e 18 della legge 24 novembre 1981 n. 689.
- 11) I proventi delle sanzioni amministrative, compresi quelli derivanti dal pagamento in misura ridotta previsto dall'art. 16 della legge 24 novembre 1981, n. 689, sono attribuiti alle Regioni o alle Province autonome territorialmente interessate in base all'accertamento delle infrazioni al divieto di fumare.
- 12) I soli proventi connessi ad infrazione accertate in locali od ambienti di pertinenza dell'amministrazione dello Stato da parte dei suoi dipendenti sono versati presso la Sezione di Tesoreria provinciale territorialmente competente anche a mezzo di conto corrente postale - al bilancio dello Stato, con imputazione al capo VIII, capitolo di entrata 2301, con indicazione della causale del versamento, per essere riassegnati alla corrispondente unità previsionale di base del Ministero della Sanità e destinati all'informazione e all'educazione sanitaria, finalizzate alla prevenzione del tabagismo.

Articolo 5. (Entrata in vigore)

3. Le disposizioni della presente legge - che non comporta alcun nuovo onere finanziario a carico del bilancio dello Stato - entrano in vigore il centottantesimo giorno successivo alla data di pubblicazione nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana.

4. Dalla stessa data è abrogata la legge 11 novembre 1975, n. 584 [5], concernente il divieto di fumare in determinati locali e su mezzi di trasporto pubblico.

20.4 Circolare 28 marzo 2001 n. 4 Emanata dal Ministero della sanità

Interpretazione ed applicazione delle leggi vigenti in materia di divieto di fumo (Pubblicata nella Gazzetta Ufficiale. 11 aprile 2001, n. 85)

Il fumo di sigaretta, com'è noto dai dati riportati dalla letteratura scientifica mondiale, è causa di una molteplicità di patologie. Il tumore polmonare, ad esempio, in circa il 90% dei casi, è causato dal fumo di sigaretta. L'Organizzazione Mondiale della Sanità ha più volte richiamato l'attenzione dei Governi su quella che è stata definita "nuova epidemia" (90 mila morti in Italia ogni anno, 3 milioni nel mondo).

Occorre da parte di tutti uno sforzo per porre rimedio ad una abitudine o, meglio, dipendenza che danneggia chi la pone in essere e chi, soprattutto, passivamente la subisce.

L'ordinamento giuridico italiano contiene varie norme dirette a tutelare la salute, come sancito all'art. 32 della Costituzione, dai rischi connessi all'esposizione anche passiva al fumo, alcune delle quali, vigenti già da un ventennio, non sono adeguatamente applicate, sia per una sottovalutazione dei rischi del fumo, sia a causa di dubbi interpretativi ed applicativi.

In relazione ai quesiti posti da vari soggetti interessati sull'applicazione della *legge 11 novembre 1975, n. 584 e della direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 dicembre 1995*, questo Ministero ritiene opportuno precisare quanto segue:

Normativa vigente in tema di limitazione e divieto di fumo nei locali aperti al pubblico Regio decreto 24 dicembre 1934, n. 2316, art. 25

"Testo unico delle leggi sulla protezione e l'assistenza della maternità e dell'infanzia".

«...chi vende o somministra tabacco a persona minore degli anni 16 è punito con la sanzione amministrativa fino a L. 40.000. È vietato ai minori degli anni 16 di fumare in luogo pubblico sotto pena della sanzione amministrativa di L. 4.000.»

Legge 11 novembre 1975, n. 584

"Divieto di fumare in determinati locali e su mezzi di trasporto pubblico".

La legge persegue scopi di tutela della salute pubblica. Consapevole dei danni che alla salute può arrecare il fumo cosiddetto passivo, il legislatore ha posto un generico ed assoluto divieto di fumo nei seguenti locali:

- corsie d'ospedale;
- aule delle scuole di ogni ordine e grado;

- autoveicoli di proprietà dello Stato, di enti pubblici e di privati concessionari di pubblici servizi per trasporto collettivo di persone;
- metropolitane;
- sale d'attesa di stazioni ferroviarie, autofilotranviarie, portuali-marittime, aeroportuali;
- compartimenti ferroviari per non fumatori delle Ferrovie dello Stato e delle ferrovie date in concessione ai privati;
- compartimenti a cuccette e carrozze letto, durante il servizio di notte, se occupati da più di una persona;
- locali chiusi adibiti a pubblica riunione (ogni ambiente aperto al pubblico ove si eroga un servizio dell'amministrazione o per suo conto (vedi ultra, T.A.R. Lazio, sentenza n. 462 del 1995; direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 dicembre 1995);
- sale chiuse di cinema e teatro;
- sale chiuse da ballo;
- sale corse;
- sale riunioni di accademie;
- musei;
- biblioteche;
- sale di lettura aperte al pubblico;
- pinacoteche e gallerie d'arte pubbliche o aperte al pubblico.

Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 dicembre 1995

"Divieto di fumo in determinati locali della pubblica amministrazione o dei gestori di servizi pubblici".

La direttiva è stata emanata in seguito a due pronunce dei giudici amministrativi che hanno interpretato estensivamente le norme della **legge n. 584 del 1975**.

Essa ha quali suoi destinatari tutte le amministrazioni pubbliche.

Per amministrazioni pubbliche, ai sensi dell'art. 1, comma 2, del **decreto legislativo 3 febbraio 1993, n. 29**, si intendono: tutte le amministrazioni dello Stato, ivi compresi gli istituti e le scuole di ogni ordine e grado e le istituzioni educative, le aziende ed amministrazioni dello Stato ad ordinamento autonomo, le regioni, le province, i comuni, le comunità montane e loro consorzi ed associazioni, le istituzioni universitarie, gli Istituti autonomi case popolari, le Camere di commercio, industria, artigianato e agricoltura e loro associazioni, tutti gli enti pubblici non economici nazionali regionali e locali, le amministrazioni, le aziende e gli enti del Servizio sanitario nazionale.

La direttiva prevede che le amministrazioni pubbliche attuino il divieto di fumo comminato dalla **legge n. 584 del 1975**, esercitando poteri amministrativi regolamentari e disciplinari nonché po-

teri di indirizzo, vigilanza e controllo sulle aziende ed istituzioni da esse dipendenti e sulle aziende private in concessione o in appalto. La direttiva fornisce, inoltre, i seguenti criteri interpretativi per l'individuazione dei locali in cui si applica il divieto:

1. per locale aperto al pubblico si deve intendere quello in cui la generalità degli amministratori e degli utenti accede, senza formalità e senza bisogno di particolari permessi negli orari stabiliti;
2. tutti i locali utilizzati, a qualunque titolo, dalla P.A. e dalle aziende pubbliche per esercizio delle proprie funzioni istituzionali, sempre che i locali siano aperti al pubblico;
3. tutti i locali utilizzati, a qualunque titolo, da privati esercenti servizi pubblici, sempre che i locali siano aperti al pubblico;
4. i luoghi indicati dall'art. 1 della **legge 11 novembre 1975, n. 584**, anche se non si tratta di "locali aperti al pubblico" nel senso precisato dalla direttiva (es. aule scolastiche: fra le aule delle scuole di ogni ordine e grado si intendono ricomprese anche le aule universitarie).

La direttiva precisa, inoltre, che le amministrazioni e gli enti possono comunque, in virtù della propria autonomia regolamentare e disciplinare, estendere il divieto a luoghi diversi da quelli previsti dalla legge n. 584 del 1975. Nei locali in cui si applica il divieto vige l'obbligo di apporre cartelli con indicazione del divieto di fumo.

Elenco esemplificativo dei locali in cui si applica il divieto di fumo

Premesso che il divieto di fumo si applica nei luoghi nominativamente indicati nell'art. 1 della **legge n. 584 del 1975**, ancorché non si tratti di locali "aperti al pubblico" nel senso di locali in cui una generalità di amministratori e di utenti accede senza formalità e senza bisogno di particolari permessi negli orari stabiliti, si fornisce un elenco esemplificativo dei locali che rientrano nella generica espressione usata dalla **legge n. 584 del 1975**, così come interpretata dalla sentenza n. 462 del 1995 del T.A.R. del Lazio, "locali chiusi adibiti a pubblica riunione" in cui vige il divieto di fumo, allo scopo di agevolare la corretta applicazione della normativa:

- ☐ ospedali ed altre strutture sanitarie (corsie, corridoi, stanze per l'accettazione, sale d'aspetto e più in generale locali in cui gli utenti richiedono un servizio - pagamento ticket, richieste di analisi, ecc...);
- ☐ scuole di ogni ordine e grado, comprese le università (aule, corridoi, segreterie studenti, biblioteche, sale di lettura, bagni, ecc.);
- ☐ uffici degli enti territoriali quali regioni, province e comuni, uffici di altre amministrazioni a livello territoriale: uffici del catasto, uffici collocamento ecc.;
- ☐ uffici postali (locali di accesso agli sportelli, corridoi, ecc.);
- ☐ distretti militari ed altri uffici dell'amministrazione della difesa aperti al pubblico (uffici di certifi-

cazione, uffici informazioni e relazioni con il pubblico);

❑ uffici I.V.A., uffici del registro;

❑ uffici di prefetture, questure e commissariati, uffici giudiziari;

❑ uffici delle società erogatrici di servizi pubblici (compagnie telefoniche, società erogatrici di gas, corrente elettrica, ecc.);

❑ banche, relativamente ai locali in cui si svolgono servizi per conto della pubblica amministrazione (riscossione imposte e sanzioni pecuniarie, tesoreria per enti pubblici).

Competenze dei dirigenti in ordine all'applicazione del divieto di fumo

I dirigenti preposti alle strutture amministrative e di servizio ovvero il responsabile della struttura privata sono tenuti ad individuare, con atto formale, i locali della struttura cui sovrintendono, dove, ai sensi dei criteri prima citati, devono essere apposti i cartelli di divieto.

Spetta ad essi, quindi, predisporre o far predisporre i cartelli di divieto completi delle indicazioni fissate dalla direttiva:

- divieto di fumo;
- indicazione della norma che impone il divieto (*legge n. 584 del 1975*);
- sanzioni applicabili;
- soggetto cui spetta vigilare sull'osservanza del divieto ed accertare le infrazioni (nominativo del/dei funzionario/i preposto/i dal dirigente, con atto formale, alla vigilanza sul divieto di fumo nonché all'accertamento dell'infrazione nei locali ove è posto il cartello di divieto, o, ove non si sia proceduto a nomina specifica, il nome del dirigente responsabile della struttura pubblica ai sensi di legge e dei regolamenti).

Spetta ai dirigenti preposti alle strutture amministrative e di servizio, come anticipato, individuare in ciascuna di esse, con atto formale, i funzionari incaricati di vigilare sull'osservanza del divieto, di procedere alla contestazione delle infrazioni e di verbalizzarle.

Detti funzionari, ove non ricevano riscontro dell'avvenuto pagamento da parte del trasgressore, hanno l'obbligo di fare rapporto all'autorità competente, che, come si è detto, è, nella maggior parte dei casi, il prefetto, affinché irroghi la sanzione.

Nei locali privati, ove si svolge comunque un servizio per conto dell'amministrazione pubblica (concessionari di pubblici servizi) i soggetti obbligati a vigilare sul rispetto del divieto e ad accertarne la violazione sono coloro cui spetta per legge, regolamento o disposizioni d'autorità assicurare l'ordine all'interno dei locali.

Nei locali privati nominativamente citati dall'art. 1 della *legge n. 584 del 1975* (es. nei teatri, nei cinema, nelle sale da ballo, ecc.) tali figure si identificano nei conduttori dei locali individuati nella lettera b) dell'art. 1 della legge citata.

Sanzioni

La sanzione amministrativa prevista dall'art. 7 della **legge n. 584 del 1975** per il trasgressore è quella del pagamento di una somma di danaro da L. 1.000 a L. 10.000.

Per effetto degli articoli 10 e 114 della **legge n. 689 del 1981** le sanzioni amministrative non possono essere inferiori quanto al minimo a L. 4.000, e quanto al massimo a L. 10.000.

Per effetto dell'art. 96 del **decreto legislativo 30 dicembre 1999, n. 507**, "Depenalizzazione dei reati minori e riforma del sistema sanzionatorio ai sensi dell'art. 1 della **legge 25 giugno 1999, n. 205**", l'art. 10 della **legge n. 689 del 1981** è così modificato: «La sanzione amministrativa pecuniaria consiste nel pagamento di una somma non inferiore a lire dodicimila e non superiore a lire venti milioni. Fuori dei casi espressamente stabiliti dalla legge, il limite massimo della sanzione amministrativa pecuniaria non può per ciascuna violazione superare il decuplo del minimo.».

L'art. 16 della **legge n. 689 del 1981** ammette il pagamento in misura ridotta della sanzione se il versamento viene effettuato entro sessanta giorni dalla contestazione immediata o, se questa non vi è stata, dalla notificazione degli estremi della violazione.

In forza di tale norma il trasgressore può pagare 1/3 del massimo o il doppio del minimo se più favorevole. Nel caso della sanzione relativa al divieto di fumo, per quanto detto sopra, è più favorevole il pagamento del doppio del minimo, pari a L. 24.000.

Va precisato in proposito che, ai sensi dell'art. 15 delle disposizioni preliminari al codice civile, per incompatibilità resta abrogato l'art. 8 della **legge n. 584 del 1975** in quanto disciplina una materia successivamente modificata da apposita legge, appunto la legge n. 689 del 1981 e che altre norme dispongono il divieto di maneggiare danaro da parte dei pubblici funzionari (e quindi di riscuotere direttamente la sanzione dal trasgressore).

Per completare il quadro sanzionatorio occorre ricordare che l'art. 7 della **legge n. 584 del 1975** prevede una sanzione anche per coloro che sono tenuti a far osservare il divieto e vengono meno a questo loro dovere; la sanzione per questi va da L. 20.000 a L. 100.000.

Applicazione della sanzione

1. Come si accerta l'infrazione.

a) Negli uffici pubblici:

il funzionario preposto alla vigilanza e all'accertamento dell'infrazione deve essere dotato degli appositi moduli di contestazione. In caso di trasgressione, questi procederà a compilare il modulo e a darne copia al trasgressore.

Trascorso inutilmente il termine per il pagamento in misura ridotta, sessanta giorni, il funzionario che ha accertato la violazione presenterà rapporto, con la prova delle eseguite contestazioni o notificazioni (ex art. 17, **legge n. 689 del 1981**), al prefetto (competente ex art. 9, **legge n. 584**

del 1975);

b) nei locali condotti da privati:

il responsabile della struttura, ovvero il dipendente o il collaboratore da lui incaricato, richiederà i trasgressori all'osservanza del divieto e curerà che le infrazioni siano segnalate ai pubblici ufficiali ed agenti competenti a norma dell'art. 13 della **legge 24 novembre 1981, n. 689** (art. 4, lettera c della Dir.P.C.M. 14 dicembre 1995).

Come si paga la contravvenzione.

Il modulo di contestazione deve riportare le indicazioni sul pagamento della contravvenzione, ove non sia diversamente individuato da specifiche normative regionali, si applica quanto segue:

a) si può pagare direttamente al concessionario del servizio di riscossione dell'ente in cui è stata accertata l'infrazione, compilando apposito modulo.

Il codice tributo da indicare è il 131 T, che corrisponde alla voce "sanzioni amministrative diverse da I.V.A." (v. **decreto legislativo n. 237 del 1997 e relativo allegato**).

Va però inserito anche il codice "ufficio". Si tratta di un codice che ogni amministrazione pubblica deve avere e che dovrà essere stampato sul verbale di contestazione;

b) si può delegare la propria banca al pagamento sempre utilizzando lo stesso modulo;

c) si può pagare presso gli uffici postali con bollettino di conto corrente postale intestato a Servizio riscossione tributi - concessione di

Si rammenta che il funzionario che ha accertato l'infrazione non può ricevere direttamente il pagamento dal trasgressore ai sensi delle vigenti leggi.

Ai sensi dell'art. 18 della **legge n. 689 del 1981**, entro trenta giorni dalla data di contestazione o notificazione della violazione, gli interessati possono far pervenire all'autorità competente a ricevere il rapporto scritti difensivi e documenti e possono chiedere di essere sentiti dalla medesima autorità. L'autorità competente, sentiti gli interessati, ove questi ne abbiano fatto richiesta, ed esaminati i documenti inviati e gli argomenti esposti, se ritiene fondato l'accertamento, determina con sentenza motivata la somma dovuta per la violazione e ne ingiunge il pagamento; in caso contrario emette ordinanza motivata di archiviazione degli atti. In base alla normativa vigente, a chi è stata contestata la violazione è data facoltà di ricorrere contro la stessa al giudice ordinario territorialmente competente, sia nel caso in cui non abbia fatto ricorso all'autorità competente, sia qualora quest'ultima abbia emanato l'ingiunzione di pagamento della sanzione.

Autorità competente a ricevere il rapporto.

Un aspetto problematico è correlato alla identificazione della autorità competente a ricevere il rapporto sulle violazioni accertate. Ove non sia diversamente individuato da specifiche normative

regionali si applica quanto segue. L'art. 9 della **legge n. 584 del 1975**, nella sua formulazione testuale, dispone che i soggetti legittimati ad accertare le infrazioni presentino il rapporto al prefetto. Tale disposizione, tuttavia, deve oggi essere applicata in maniera conforme ai sopravvenuti indirizzi espressi dalla Corte Costituzionale nella sentenza n. 1034 del 27 ottobre 1988.

Il giudice delle leggi ha affermato che non spetta allo Stato indicare gli uffici competenti a ricevere il rapporto ex **legge n. 689 del 1981** quando le violazioni siano attinenti a materie di competenza regionale.

In particolare, relativamente al divieto di fumo sui mezzi di trasporto tranviario e delle ferrovie in concessione, nonché nei locali adibiti allo stesso servizio di trasporto, la sentenza ha precisato che, quando l'infrazione inerisce attività affidate, a titolo proprio o di delega, alle Regioni, a norma dell'art. 9 del **decreto del Presidente della Repubblica n. 616 del 1977**, la competenza a ricevere il rapporto deve essere imputata agli organi dalle stesse individuati. Lo stesso principio è stato affermato dalla Corte con riguardo al divieto di fumo nei locali chiusi di cui all'art. 1 della **legge n. 584 del 1975**, «quando la proibizione di fumare si riferisce a luoghi, locali o mezzi sui quali si esercita la competenza regionale (come le strutture del Servizio sanitario nazionale, i musei e le biblioteche affidate alle regioni)».

Ne consegue che il rapporto va presentato alla regione quando la violazione sia stata rilevata:

- a) nell'ambito dei servizi di trasporto pubblico rientranti nella competenza regionale;
- b) nell'ambito di luoghi, locali o mezzi sui quali le regioni esercitano competenze proprie o delegate;
- c) nell'ambito degli uffici o delle strutture della regione o delle aziende o istituzioni da essa dipendenti.

Il rapporto va presentato all'ufficio provinciale della M.C.T.C. competente per territorio (art. 1, comma 1, voce Ministero dei trasporti, lettera a) del **decreto del Presidente della Repubblica n. 571 del 1982**), quando le violazioni siano state rilevate nell'ambito dei servizi di trasporto pubblico rientranti nella competenza statale, ad esclusione delle violazioni accertate negli ambiti di competenza delle Ferrovie dello Stato per le quali occorre aver riguardo a quanto previsto dal **decreto del Presidente della Repubblica 11 luglio 1980, n. 753**.

Il rapporto va presentato all'ufficio di sanità marittima aerea e di frontiera e all'ufficio veterinario di confine, di porto, aeroporto e di dogana interna quando le violazioni siano state rilevate negli ambiti di rispettiva competenza (art. 1, comma 1, voce Ministero della sanità, del **decreto del Presidente della Repubblica n. 571 del 1982**).

Il rapporto, infine, va presentato al prefetto in tutti i restanti casi.

Il Ministro della sanità Veronesi

20.5 LEGGE 31 ottobre 2003, n. 306 (modifica della legge 3 del 16 gennaio 2003) Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee. Legge comunitaria 2003.

ART. 7.

Modifiche all'articolo 51 della legge 16 gennaio 2003, n. 3, in materia di tutela della salute dei non fumatori anche in conformità alla direttiva 2001/37/CE in materia di tabacco.

- Al comma 2, secondo periodo, dell'articolo 51 della legge 16 gennaio 2003, n. 3, le parole: "con regolamento, da emanare ai sensi dell'articolo 17, comma 1, della legge 23 agosto 1988, n. 400, e successive modificazioni," sono sostituite dalle seguenti: "con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri di recepimento di un accordo tra lo Stato, le Regioni e le Province Autonome".
- Al comma 2, terzo periodo, e al comma 6 dell'articolo 51 della legge 16 gennaio 2003, n. 3, la parola: "regolamento" è sostituita dalla seguente: "provvedimento".

Note all'art. 7:

La legge 16 gennaio 2003, n. 3, reca: «Disposizioni ordinamentali in materia di pubblica amministrazione». L'art. 51, come modificato dalla legge qui pubblicata, così recita:

«Art. 51 (Tutela della salute dei non fumatori).

11. È vietato fumare nei locali chiusi, ad eccezione di:

- a) quelli privati non aperti ad utenti o al pubblico;
- b) quelli riservati ai fumatori e come tali contrassegnati.

12. Gli esercizi e i luoghi di lavoro di cui al comma 1, lettera b), devono essere dotati di impianti per la ventilazione ed il ricambio di aria regolarmente funzionanti. Al fine di garantire i livelli essenziali del diritto alla salute, le caratteristiche tecniche degli impianti per la ventilazione ed il ricambio di aria sono definite, entro centottanta giorni dalla data di pubblicazione della presente legge nella Gazzetta Ufficiale, con il decreto del Presidente del Consiglio dei ministri di recepimento di un accordo tra lo Stato, le regioni, e le province autonome, su proposta del Ministro della salute. Con lo stesso provvedimento sono definiti i locali riservati ai fumatori nonché i modelli dei cartelli connessi all'attuazione delle disposizioni di cui al presente articolo.

13. Negli esercizi di ristorazione, ai sensi del comma 1, lettera b), devono essere adibiti ai non fumatori uno o più locali di superficie prevalente rispetto alla superficie complessiva di somministrazione dell'esercizio.

14. Con regolamento da emanare ai sensi dell'art. 17, comma 1, della legge 23 agosto 1988, n. 400, e successive modificazioni, su proposta del Ministro della salute, possono essere individuati eventuali ulteriori luoghi chiusi nei quali sia consentito fumare, nel rispetto delle disposizioni di cui ai commi 1, 2 e 3. Tale regolamento deve prevedere che in tutte le strutture in cui le persone sono costrette a soggiornare non volontariamente devono essere previsti locali adibiti ai fumatori.

15. Alle infrazioni al divieto previsto dal presente articolo si applicano le sanzioni di cui all'art. 7 della legge 11 novembre 1975, n. 584, come sostituito dall'art. 52, comma 20, della legge 28 dicembre 2001, n. 448.

16. Al fine di consentire una adeguata attività di informazione, da attivare d'intesa con le organizzazioni di categoria più rappresentative, le disposizioni di cui ai commi 1, 2, primo periodo, 3 e 5 entrano in vigore decorso un anno dalla data di entrata in vigore del provvedimento di cui al comma 2.

17. Entro centoventi giorni dalla data di pubblicazione della presente legge nella Gazzetta Ufficiale, con accordo sancito in sede di Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province Autonome, su proposta del Ministro della Salute, di concerto con i Ministri della Giustizia e dell'Interno, sono ridefinite le procedure per l'accertamento delle infrazioni, la relativa modulistica per il rilievo delle sanzioni nonché l'individuazione dei soggetti legittimati ad elevare i relativi processi verbali, di quelli competenti a ricevere il rapporto sulle infrazioni accertate ai sensi dell'art. 17 della legge 24 novembre 1981, n. 689, e di quelli deputati a irrogare le relative sanzioni.

18. Le disposizioni di cui al presente articolo non comportano maggiori oneri a carico del bilancio dello Stato.

19. Rimangono in vigore, in quanto compatibili, le disposizioni di cui agli articoli 3, 5, 6, 8, 9, 10 e 11 della legge 11 novembre 1975, n. 584.

20. Restano ferme le disposizioni che disciplinano il divieto di fumo nei locali delle pubbliche amministrazioni.

- La direttiva 2001/37/CE è pubblicata nella Gazzetta Ufficiale della Comunità europea 18 luglio 2001, n. L 194.

- La legge 23 agosto 1988, n. 400, reca: «Disciplina dell'attività di Governo e ordinamento della Presidenza del Consiglio dei Ministri». L'art. 17, così recita:

«Art. 17 (Regolamenti).

5. Con decreto del Presidente della Repubblica, previa deliberazione del Consiglio dei Ministri, sentito il parere del Consiglio di Stato che deve pronunziarsi entro novanta giorni dalla richiesta, possono essere emanati regolamenti per disciplinare:

- a) l'esecuzione delle leggi e dei decreti legislativi, nonchè dei regolamenti comunitari;
- b) l'attuazione e l'integrazione delle leggi e dei decreti legislativi recanti norme di principio, esclusi quelli relativi a materie riservate alla competenza regionale;
- c) le materie in cui manchi la disciplina da parte di leggi o di atti aventi forza di legge, sempre che non si tratti di materie comunque riservate alla legge;
- d) l'organizzazione ed il funzionamento delle amministrazioni pubbliche secondo le disposizioni dettate dalla legge;
- e) (lettera soppressa).

6. Con decreto del Presidente della Repubblica, previa deliberazione del Consiglio dei Ministri, sentito il Consiglio di Stato, sono emanati i regolamenti per la disciplina delle materie, non coperte da riserva assoluta di legge prevista dalla Costituzione, per le quali le leggi della Repubblica, autorizzando l'esercizio della potestà regolamentare del Governo, determinano le norme generali regolatrici della materia e dispongono l'abrogazione delle norme vigenti, con effetto dall'entrata in vigore delle norme regolamentari.

7. Con decreto ministeriale possono essere adottati regolamenti nelle materie di competenza del ministro o di autorità sottordinate al ministro, quando la legge espressamente conferisca tale potere. Tali regolamenti, per materie di competenza di più ministri, possono essere adottati con decreti interministeriali, ferma restando la necessità di apposita autorizzazione da parte della legge. I regolamenti ministeriali ed interministeriali non possono dettare norme contrarie a quelle dei regolamenti emanati dal Governo. Essi debbono essere comunicati al Presidente del Consiglio dei ministri prima della loro emanazione.

8. I regolamenti di cui al comma 1 ed i regolamenti ministeriali ed interministeriali, che devono recare la denominazione di «regolamento», sono adottati previo parere del Consiglio di Stato, sottoposti al visto ed alla registrazione della Corte dei conti e pubblicati nella Gazzetta Ufficiale.

4-bis. L'organizzazione e la disciplina degli uffici dei Ministeri sono determinate, con regolamenti emanati ai sensi del comma 2, su proposta del Ministro competente d'intesa con il Presidente del Consiglio dei Ministri e con il Ministro del Tesoro, nel rispetto dei principi posti dal decreto legislativo 3 febbraio 1993, n. 29, e successive modificazioni, con i contenuti e con l'osservanza dei criteri che seguono:

- f) riordino degli uffici di diretta collaborazione con i Ministri ed i Sottosegretari di Stato, stabilendo che tali uffici hanno esclusive competenze di supporto dell'organo di direzione politica e di raccordo tra questo e l'amministrazione;
- g) individuazione degli uffici di livello dirigenziale generale, centrali e periferici, mediante diversificazione tra strutture con funzioni finali e con funzioni strumentali e loro organiz-

zazione per funzioni omogenee e secondo criteri di flessibilità eliminando le duplicazioni funzionali;

h) previsione di strumenti di verifica periodica dell'organizzazione e dei risultati;

i) indicazione e revisione periodica della consistenza delle piante organiche;

j) previsione di decreti ministeriali di natura non regolamentare per la definizione dei compiti delle unità dirigenziali nell'ambito degli uffici dirigenziali generali.»

20.6 Decreto del presidente del consiglio dei ministri

23 dicembre 2003

Attuazione dell'art. 51, comma 2 della legge 16 gennaio 2003, n. 3, come modificato dall'art. 7 della legge 21 ottobre 2003, n. 306, in materia di «tutela della salute dei non fumatori».

(GU n. 300 del 29-12-2003)

IL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI

Visto l'art. 5 della legge 23 agosto 1988, n. 400;

Visto l'art. 51, comma 2 della legge 16 gennaio 2003, n. 3, e successive modificazioni, in materia di «tutela della salute dei non fumatori»; Visto il parere espresso dalla Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province Autonome di Trento e Bolzano nella seduta del 24 luglio 2003 sullo schema di decreto del Presidente della Repubblica recante "Regolamento di attuazione dell'art. 51, comma 2, della legge 16 gennaio 2003, n. 3"; Visto l'accordo tra Stato, Regioni e Province Autonome di Trento e Bolzano sulla tutela della salute dei non fumatori, di cui all'art.51, comma 2 della legge 16 gennaio 2003, n. 3, sancito nella seduta della Conferenza permanente per i rapporti tra Stato, Regioni e Province Autonome del 24 luglio 2003; Sulla proposta del Ministro della Salute, di concerto con il Ministro dell'Economia e delle Finanze;

Decreta: Art. 1.

1. Il presente decreto recepisce l'Accordo tra Stato, Regioni e Province Autonome di Trento e Bolzano sulla tutela della salute dei non fumatori, sancito nella seduta della Conferenza permanente per i rapporti tra Stato, Regioni e Province Autonome del 24 luglio 2003. Art. 2.

1. Sono definiti nell'allegato 1, che costituisce parte integrante del presente decreto, i requisiti tecnici dei locali per fumatori, dei relativi impianti di ventilazione e di ricambio d'aria e dei modelli dei cartelli connessi al divieto di fumare.

Roma, 23 dicembre 2003

p. Il Presidente del Consiglio dei Ministri Letta Il Ministro della salute Sirchia

Il Ministro dell'economia e delle finanze Tremonti

ALLEGATO 1. Requisiti tecnici dei locali per fumatori, dei relativi impianti di ventilazione e di ricambio d'aria e dei modelli dei cartelli connessi al divieto di fumo.

1) I locali riservati ai fumatori, di cui all'art. 51, comma 1, lettera b) della legge 16 gennaio 2003, n. 3, devono essere contrassegnati come tali e realizzati in modo da risultare adeguatamente separati da altri ambienti limitrofi, dove è vietato fumare. A tal fine i locali per fumatori devono rispettare i seguenti requisiti strutturali:

- a) essere delimitati da pareti a tutta altezza su quattro lati;
- b) essere dotati di ingresso con porta a chiusura automatica, abitualmente in posizione di chiusura;
- c) essere forniti di adeguata segnaletica, conforme a quanto previsto dai successivi punti 9 e 10;
- d) non rappresentare un locale obbligato di passaggio per i non fumatori.

2) I locali per fumatori devono essere dotati di idonei mezzi meccanici di ventilazione forzata, in modo da garantire una portata d'aria di ricambio supplementare esterna o immessa per trasferimento da altri ambienti limitrofi dove è vietato fumare. L'aria di ricambio supplementare deve essere adeguatamente filtrata. La portata di aria supplementare minima da assicurare è pari a 30 litri/secondo per ogni persona che può essere ospitata nei locali in conformità della normativa vigente, sulla base di un indice di affollamento pari allo 0,7 persone/mq.

3) All'ingresso dei locali è indicato il numero massimo di persone ammissibili, in base alla portata dell'impianto.

4) I locali per fumatori devono essere mantenuti in depressione non inferiore a 5 Pa. (Pascal) rispetto alle zone circostanti.

5) La superficie destinata ai fumatori negli esercizi di ristorazione, ai sensi dell'art. 51 della legge 16 gennaio 2003, n. 3, deve comunque essere inferiore alla metà della superficie complessiva di somministrazione dell'esercizio.

6) L'aria proveniente dai locali per fumatori non è riciclabile, ma deve essere espulsa all'esterno attraverso idonei impianti e funzionali aperture, secondo quanto previsto dalla vigente normativa in tema di emissioni in atmosfera esterna, nonché dai regolamenti comunali di igiene ed edilizi.

7) La progettazione, l'installazione, la manutenzione ed il collaudo dei sistemi di ventilazione devono essere conformi alle disposizioni legislative e regolamentari vigenti in tema di sicurezza e di risparmio energetico, come pure alle norme tecniche dell'Ente italiano di unificazione (UNI) e del Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI). I soggetti abilitati sono tenuti a rilasciare idonea dichiarazione della messa in opera degli impianti secondo le re-

gole dell'arte ed in conformità dei medesimi alla normativa vigente. Ai fini del necessario controllo, i certificati di installazione comprensivi dell'idoneità del sistema di espulsione e i certificati annuali di verifica e di manutenzione degli impianti di ventilazione devono essere conservati a disposizione dell'autorità competente.

8) Nei locali in cui è vietato fumare sono collocati appositi cartelli, adeguatamente visibili, che evidenziano tale divieto. Ai fini della omogeneità sul territorio nazionale, tecnicamente opportuna, tali cartelli devono recare la scritta «VIETATO FUMARE», integrata dalle indicazioni della relativa prescrizione di legge, delle sanzioni applicabili ai contravventori e dei soggetti cui spetta vigilare sull'osservanza del divieto e cui compete accertare le infrazioni.

9) Nelle strutture con più locali, oltre al modello di cartello riportato al punto 7, da situare nei luoghi di accesso o comunque di particolare evidenza, sono adottabili cartelli con la sola scritta «VIETATO FUMARE».

10) I locali per fumatori sono contrassegnati da appositi cartelli, con l'indicazione luminosa contenente, per le ragioni di omogeneità di cui al punto 7, la scritta «AREA PER FUMATORI».

11) I cartelli di cui al punto 9 sono comunque integrati da altri cartelli luminosi recanti [...] la dizione: «VIETATO FUMARE PER GUASTO ALL'IMPIANTO DI VENTILAZIONE», che si accendono automaticamente in caso di mancato o inadeguato funzionamento degli impianti di ventilazione supplementare, determinando la contestuale esclusione della scritta indicativa dell'area riservata.

12) Il locale non rispondente, anche temporaneamente, a tutte le caratteristiche tecniche di cui ai punti precedenti non è idoneo all'applicazione della normativa di cui all'art. 51 della legge 16 gennaio 2003, n. 3.

20.7 Nota Tecnica su “Divieto di Fumo” e D.Lgs. n. 626/94 – Titolo VII-bis

Il D.Lgs. 19 settembre 1994, n. 626 (*1 *2) sul miglioramento della salute e della sicurezza dei lavoratori sul luogo di lavoro è stato integrato dal D.Lgs. 2 febbraio 2002, n. 25 (*3), che ha recepito la direttiva europea n. 98/24, e **ha introdotto il Titolo VII-bis, che è entrato in vigore dal 25 giugno 2002.**

Il nuovo titolo VII-bis è formato da 13 articoli da 72-bis a 72-ter decies (e allegati di riferimento).

Il campo di applicazione è definito dall'art. 72-bis, che recita:

al comma 1:

“Il presente titolo **determina i requisiti minimi per la protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la sicurezza che derivano, o possono derivare, dagli effetti di agenti chimici:**

- **presenti sul luogo di lavoro**
- **o come risultato di ogni attività lavorativa che comporti la presenza di agenti chimici.**
- **al comma 2:**

“I requisiti individuati dal presente titolo si applicano a tutti gli agenti chimici pericolosi che sono presenti sul luogo di lavoro ...”

- **al comma 3:**

“Per gli agenti cancerogeni sul lavoro, si applicano le disposizioni del presente titolo, fatte salve le disposizioni specifiche contenute nel titolo VII (*4) del D.Lgs. 626/94...”

Gli agenti chimici pericolosi sono definiti dall'art. 72-ter comma 1 - esistono tre possibilità affinché un agente chimico possa essere definito anche “pericoloso”:

1) agenti chimici classificati come sostanze pericolose ai sensi del D.Lgs. 52/97 (*5), e successive modifiche, nonché gli agenti che corrispondono ai criteri di classificazione come sostanze pericolose”

2) agenti chimici classificati come preparati pericolosi ai sensi del D.Lgs. 285/98 (*6), e successive modifiche, nonché gli agenti che corrispondono ai criteri di classificazione come preparati pericolosi...”

3) agenti chimici che, pur non essendo classificabili come pericolosi, in base ai punti 1) e 2), possono comportare un rischio per la sicurezza e la salute dei lavoratori a causa di loro proprietà chimico-fisiche, chimiche o tossicologiche e del modo in cui sono utilizzati o presenti sul luogo di lavoro.

È indubbio che il fumo di sigaretta (e di altri derivati del tabacco) rientra tra gli “agenti chimici pericolosi” (come definiti dall'art. 72-ter, comma 1, numero 3)...

*1 pubblicato sul Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 265 del 12 novembre 1994

*2 il testo del D.Lgs. 626/94 aggiornato e coordinato al D.Lgs. 25/2002 è disponibile sul sito internet www.amblav.it

*3 pubblicato sul Supplemento Ordinario n. 40L alla Gazzetta Ufficiale n. 57 dell'8 marzo 2002

*4 trattati del Titolo specifico “Protezione da agenti cancerogeni e mutageni”, come modificato dal D.Lgs. 66/2000

*5 definisce i criteri con cui vengono classificate le sostanze pericolose: es. molto tossici, tossici, cancerogeni, mutageni, teratogeni, nocivi, irritanti, sensibilizzanti, infiammabili, corrosivi, combustibili, esplosivi, ecc., che rientrano nel campo di applicazione del Titolo VII-bis del D.Lgs. 626/94; oltre ad essi, definisce i pericolosi per l'ambiente che ne sono invece esclusi, poiché il D.Lgs. 626/94 è riferito alla salute e sicurezza dei lavoratori sul luogo di lavoro e perché sottoposti ad altre norme di legge (es. “Legge Seveso” - D.Lgs. 334/99 sui rischi industriali rilevanti)

*6 definisce i criteri con cui vengono classificati i preparati pericolosi idem nota 5, ma riferita ai

preparati pericolosi

*7 e di altri derivati del tabacco

Quindi, il fumo di sigaretta (*7) è un agente chimico pericoloso, la cui esposizione sui luoghi di lavoro fa rientrare questi luoghi di lavoro tra quelli sottoposti alle prescrizioni del D.Lgs. 626/94, in particolare del Titolo VII-bis.

Ne conseguono vari obblighi, tra i quali:

Art.	Obbligo	A carico di	Sanzione
Art. 72-quater comma 1	Nella valutazione di cui all'art. 4, il datore di lavoro: • "determina preliminarmente la eventuale presenza di agenti chimici pericolosi e valuta anche i rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori derivanti dalla presenza di tali agenti, nonché • indica "nella valutazione quali misure sono state adottate ai sensi degli articoli 72-quinquies e, ove applicabile 72-sexies"	Datore di lavoro e dirigenti	Arresto da tre a sei mesi o ammenda da 1.549 a 4.131 Euro
		Preposti	Arresto sino a due mesi o ammenda da 258 a 1.032 Euro
Art. 72-quater comma 2	Nella valutazione dei rischi, il datore di lavoro indica quali misure sono state adottate ai sensi dell'art. 72-quinquies ^{*8} e, ove applicabile, dell'art. 72-sexies ^{*9}	Datore di lavoro e dirigenti	Arresto da tre a sei mesi o ammenda da 1.549 a 4.131 Euro
		Preposti	Arresto sino a due mesi o ammenda da 258 a 1.032 Euro
Art. 72-quinquies, comma 1, lettera c) lettera f)	Fermo quanto previsto dall'art. 3 (<i>misure e principi generali per la prevenzione dei rischi NdR</i>), "devono essere eliminati i rischi derivanti da agenti chimici pericolosi o ridotti ai minimi mediante le seguenti misure" tra cui c) riduzione al minimo del numero dei lavoratori che sono o potrebbero essere esposti f) riduzione al minimo della qualità di agenti presenti sul luogo di lavoro in funzione delle necessità della lavorazione	Datore di lavoro	Arresto da tre a sei mesi o ammenda da 1.549 a 4.131 Euro (in combinato disposto con obblighi art. 4, comma 5 - NdR)
Art. 72-sexies comma 1	Il datore di lavoro, sulla base dell'attività e della valutazione dei rischi, di cui all'art. 72-bis, provvede affinché sia eliminato o ridotto	Datore di lavoro e dirigenti	Arresto da tre a sei mesi o ammenda da 1.549 a 4.131 Euro
		Preposti	Arresto sino a due mesi o ammenda da 258 a 1.032 Euro

*8 vedi riquadro sottostante

*9 vedi riquadro apposito successivo

Art.	Obbligo	A carico di	Sanzione
Art. 72-decies	<i>(Sorveglianza sanitaria)</i> 1. Fatto salvo quanto previsto dall'art. 72-quinquies, comma 2, sono sottoposti alla sorveglianza sanitaria di cui all'art. 16, i lavoratori esposti agli agenti chimici pericolosi per la salute¹⁰ che rispondono ai criteri per la classificazione come molto tossici, tossici, nocivi, sensibilizzanti, irritanti, tossici per il ciclo riproduttivo Comma 2 2. La sorveglianza sanitaria viene effettuata: a) prima di adibire il lavoratore alla mansione che comporta esposizione b) periodicamente, di norma una volta l'anno o con periodicità diversa dal medico competente con adeguata motivazione c) All'atto della cessazione del rapporto di lavoro	Datore di lavoro e dirigenti	Arresto da due a quattro mesi o ammenda da 516 a 2.582 Euro (in combinato disposto con art. 4, comma 5, lettera g)
		Medico competente	Arresto sino a due mesi o ammenda da 526 a 3.098 Euro (in combinato disposto con art. 17, comma 1, lettera b)
Art. 72-undicies	<i>(Cartelle sanitarie e di rischio)</i> Comma 1 1. Il medico competente, per ciascuno dei lavoratori di cui all'art. 72-decies, istituisce e aggiorna una cartella sanitaria e di rischio e fornisce ai lavoratori tutte le informazioni previste Comma 2 2. Su richiesta, è fornita agli organi di vigilanza copia dei documenti di cui al comma 1 Comma 3 3. In caso di cessazione del rapporto di lavoro, le cartelle sanitarie e di rischio sono trasmesse all'ISPEL	Datore di lavoro e dirigenti	Arresto da due a quattro mesi o ammenda da 516 a 2.582 Euro (in combinato disposto con art. 4, comma 5, lettera g)
		Medico competente	Arresto sino a due mesi o ammenda da 526 a 3.098 Euro (in combinato disposto con art. 17, comma 1, lettera b)

¹⁰"Il fumo nuoce gravemente alla salute"- "Il fumo può provocare il cancro" (art. 46 Legge 29/12/1990, n. 42)

Note:

Lettera compilata su "fac simile" redatto da Associazione Ambiente e Lavoro, che ne ha il copyright e ne consente l'uso gratuito a tutela della salute e della sicurezza, purché ne venga citata la fonte e sia vietato ogni uso commerciale. Ambiente e Lavoro è Associazione di protezione ambientale riconosciuta dal Ministero Ambiente con DM 1/3/88.

Sito Internet www.amblav.it - E-Mail info@amblav.it -

sede: V.le Marelli n. 497 - 20099 Sesto S. Giovanni (MI)

20.8 Circolare del 17 dicembre 2004 del ministero della Salute

«Indicazioni interpretative e attuative dei divieti conseguenti all'entrata in vigore dell'articolo 51 della legge 16 gennaio 2003, n. 3, sulla tutela della salute dei non fumatori»

Nell'approssimarsi della data di piena entrata in vigore delle prescrizioni dell'articolo 51 della legge 16 gennaio 2003, n. 3, sulla tutela della salute dei non fumatori prevista per il 10 gennaio 2005 ex articolo 19 del decreto legge 9 novembre 2004 n. 266 si ritiene proficuo, con la presente, fornire alcuni chiarimenti e utili indicazioni sulla portata ampiamente innovativa di dette disposizioni.

- 1) Il quadro normativo di riferimento è rappresentato dai provvedimenti di seguito cronologicamente elencati:
- a) legge n. 584 dell'11 novembre 1975 (in «Gazzetta ufficiale» 5 dicembre 1975, n. 322);
 - b) direttiva del presidente del Consiglio dei ministri 14 dicembre 1995 (in «Gazzetta ufficiale» 15 gennaio 1996, n. 11);
 - c) articolo 52, comma 20 della legge 448 del 2001 (in «Gazzetta ufficiale» 29 dicembre 2001, n. 301);
 - d) articolo 51 della legge 16 gennaio 2003 n. 3 (in «Gazzetta ufficiale» 20 gennaio 2003, n. 15);
 - e) Accordo Stato-Regioni del 24 luglio 2003;
 - f) Dpcm 23 dicembre 2003 (in «Gazzetta ufficiale» 29 dicembre 2003 n. 300);
 - g) articolo 19 del decreto legge 9 novembre 2004, n. 266.

9) La normativa sopra richiamata e, in particolare, l'articolo 51 della legge n. 3/ 2003 persegue il fine primario della «tutela della salute dei non fumatori», con l'obiettivo della massima estensione possibile del divieto di fumare, che, come tale, deve essere ritenuto di portata generale, con la sola, limitata esclusione delle eccezioni espressamente previste.

Il fumo di tabacco è la più importante causa di morte prematura e prevenibile in Italia e rappresenta uno dei più gravi problemi di sanità pubblica a livello mondiale; ecco perché la prevenzione dai gravi danni alla salute derivanti dalla esposizione attiva e passiva al fumo di tabacco costituisce obiettivo prioritario della politica sanitaria del nostro Paese e dell'UE. La nuova normativa si inserisce in questa visione strategica e per questo si rende necessario garantire il rispetto delle norme di divieto e il sanzionamento delle relative infrazioni. Il divieto di fumare trova applicazione non solo nei luoghi di lavoro pubblici, ma anche in tutti quelli privati, che siano aperti al pubblico o a utenti. Tale accezione comprende gli stessi lavoratori dipendenti in quanto "utenti" dei locali nell'ambito dei quali prestano la loro attività lavorativa. È infatti interesse del datore di lavoro mettere in atto e far rispettare il divieto, anche per tutelarsi da eventuali rimesse da parte di tutti coloro che potrebbero instaurare azioni risarcitorie per danni alla salute causati dal fumo. In forza di detto generalizzato

divieto, la realizzazione di aree per fumatori non rappresenta affatto un obbligo, ma una facoltà, riservata ai pubblici esercizi e ai luoghi di lavoro che, qualora ritengano opportuno attrezzare locali riservati ai fumatori, devono adeguarli ai requisiti tecnici dettati dal Dpcm del 23 dicembre 2003.

10) Per ciò che concerne l'ambito oggettivo di applicazione della norma, essa applica il divieto di fumo a tutti i locali chiusi pubblici e privati aperti a utenti o al pubblico. Per quelli pubblici, poi, il comma 10 dell'articolo 51 della legge 3/2003 mantiene immutate le attuali disposizioni in materia, restando così confermato il divieto totale di fumo in scuole, ospedali, uffici della pubblica amministrazione, autoveicoli di proprietà dello Stato, di enti pubblici e di privati concessionari di pubblici servizi per il trasporto collettivo di persone, taxi, metropolitane, treni, sale di attesa di aeroporti, stazioni ferroviarie, autofilotranviarie e portuali - marittime, biblioteche, musei, pinacoteche. Le nuove prescrizioni del citato articolo 51 «tutela della salute dei non fumatori» della legge n.3 del 16 gennaio 2003, sono inoltre applicabili e vincolanti per la generalità dei "locali chiusi" privati aperti a utenti o al pubblico, di cui al comma 1 del medesimo articolo, ivi compresi, oltre a bar e ristoranti, circoli privati e tutti i locali di intrattenimento, come le discoteche, e quelli a essi assimilati, come le palestre, le sale corse, le sale gioco, le sale video games, le sale Bingo, i cinema multisala, i teatri, salva solo la facoltà di attrezzare a norma aree riservate a fumatori.

Resta fermo che, considerata la libera accessibilità a tutti i locali di fumatori e non fumatori, la possibilità di fumare non può essere consentita se non in spazi di inferiore dimensione attrezzati all'interno dei locali, proprio per la definizione «riservati ai fumatori» utilizzata al comma 1b dell'articolo 51 della legge 3/2003.

11) Per quanto concerne specificamente le responsabilità che gravano sui gestori degli esercizi pubblici, l'articolo 7 della legge 584/1975, come espressamente disposto dal comma 5 dell'articolo 51 della legge 3/ 2003, è stato sostituito dall'articolo 52, comma 20 della legge 448 del 28 dicembre 2001 che prevede un inasprimento delle sanzioni amministrative per i trasgressori al divieto di fumo e per coloro cui spetta, in base all'articolo 2 della legge n. 584/1975, di curare l'osservanza del divieto, qualora non ottemperino al loro compito. A tale riguardo e per comprendere esattamente la portata della norma, deve essere richiamato l'articolo 4 della Direttiva del Presidente del Consiglio dei ministri del 14 dicembre 1995, il quale prevede testualmente: «Per i locali condotti da soggetti privati, il responsabile della struttura, ovvero dipendente o collaboratore da lui incaricato, richiamerà i trasgressori all'osservanza del divieto e curerà che le infrazioni siano segnalate ai pubblici ufficiali e agenti competenti a norma dell'articolo 13 della legge 24 novembre 1981 n. 689». Al riguardo si precisa che sui soggetti responsabili della struttura o sui loro delegati ricadono gli obblighi di

- 1) richiamare formalmente i trasgressori all'osservanza del divieto di fumare;
- 2) segnalare, in caso di ottemperanza al richiamo, il comportamento del o dei trasgressori, ai pub-

blici ufficiali e agenti ai quali competono la contestazione della violazione del divieto e la conseguente redazione del verbale di contravvenzione. Sarà loro cura anche esporre cartelli, come indicato nell'accordo stipulato in sede di Conferenza Stato-Regioni nella seduta del 16 dicembre 2004. In presenza di violazioni a detta disposizione si applicano le misure sanzionatorie previste dall'articolo 7, secondo comma, della legge 11 novembre 1975, n. 584 recante «Divieto di fumare in determinati locali e su mezzi di trasporto pubblico» con particolare riferimento all'articolo 2 della medesima legge.

12) L'articolo 2 della legge 584 dell'11 novembre 1975 inquadrato nel contesto organico della disciplina all'esame, porta a escludere limitazioni agli obblighi dei gestori, i quali pertanto non sono tenuti soltanto alla materiale apposizione del cartello di divieto di fumo, ma anche ad attuare interventi attivi di dissuasione nei confronti dei trasgressori osservando così gli adempimenti previsti dal richiamato articolo 4, lettera c), della Direttiva 14 dicembre 1995. Infatti, il tenore letterale del sopra citato articolo 2, che recita testualmente «... curano l'osservanza del divieto ...», risulterebbe assolutamente privo di concreto significato pratico ove inteso nel senso di limitare gli obblighi dei gestori alla mera esposizione del cartello, poiché ciò non giustificherebbe in alcun modo l'applicazione delle misure sanzionatorie, comprese tra un minimo di 200 e un massimo di 2.000 euro, previste dall'articolo 52, comma 20, della legge 448 del 28 dicembre 2001.

Inoltre, considerato che il comma 9 dell'articolo 51 della legge n. 3/2003 ha fra l'altro mantenuto in vigore anche l'articolo 5 della citata legge n. 584/75, qualora non siano osservati gli obblighi che ricadono sui gestori, il questore può sospendere, per un periodo da tre giorni a tre mesi, o revocare la licenza di esercizio del locale.

13) Quanto alla previsione di aumenti degli importi delle sanzioni, misura contemplata nella Legge finanziaria 2005, sembra sufficiente ricordare il principio che si debbono applicare le misure sanzionatorie vigenti al momento dell'accertamento della violazione: principio inequivoco, idoneo a superare qualsivoglia dubbio in subiecta materia, ivi compreso quello delle modalità di aggiornamento dei cartelli di divieto, posto che ogni presunta difficoltà al riguardo può essere agevolmente superata con l'apposizione di semplici talloncini autoadesivi indicatori delle variazioni intervenute agli importi delle sanzioni.

14) Con l'Accordo definito nella seduta della Conferenza Stato-Regioni del 16 dicembre 2004 è stata data attuazione al comma 7 dell'articolo 51 della legge n. 3/2003, ridefinendo in particolare le procedure per l'accertamento delle infrazioni e l'individuazione dei soggetti legittimati a elevare i relativi processi verbali.

L'approvazione di tale Accordo ha completato il quadro organico della disciplina di settore relativa al divieto di fumo. Va precisato, in questo senso, che i dirigenti preposti alle strutture amministrative e di servizio di pubbliche amministrazioni, di aziende e di agenzie pubbliche individuano con atto

formale i soggetti cui spetta vigilare sull'osservanza del divieto, accertare e contestare le infrazioni. Resta inteso che, ove non vi abbiano provveduto, spetta ad essi stessi esercitare tale attività di vigilanza, di accertamento e di contestazione. Nei locali privati in cui si svolge comunque un servizio per conto dell'amministrazione pubblica sono invece tenuti a vigilare sul rispetto del divieto di fumare, ad accertare le infrazioni e a contestare la violazione i soggetti cui spetta per legge, regolamento o disposizioni di autorità assicurare l'ordine interno dei locali.

Nelle strutture pubbliche e private soggette al divieto di fumare i soggetti incaricati della vigilanza, dell'accertamento e della contestazione delle infrazioni, come pure il personale dei corpi di polizia amministrativa locale, conformemente alle disposizioni vigenti, nonché le guardie giurate espressamente adibite a tale servizio, su richiesta dei responsabili o di chiunque intenda far accertare infrazioni al divieto: vigilano sull'osservanza dell'applicazione del divieto; accertano le infrazioni, contestando immediatamente al trasgressore la violazione; redigono in triplice copia il verbale di contestazione, che deve dare atto dell'avvenuto richiamo da parte del responsabile della struttura o suo delegato e contenere, oltre agli estremi del trasgressore, della violazione compiuta e delle modalità con le quali può avvenire il pagamento della sanzione pecuniaria in misura ridotta, l'indicazione dell'autorità cui far pervenire scritti difensivi; notificano il verbale, ovvero, quando non sia possibile provvedervi immediatamente, ne assicurano la notifica a mezzo posta (entro 90 giorni dall'accertamento), secondo la procedura prevista dalla legge 20 novembre 1982, n. 890. Le indicazioni finora espresse, ovviamente, non pregiudicano la possibilità degli ufficiali e agenti di polizia giudiziaria, normalmente impegnati in altri compiti istituzionali di maggior rilievo, di svolgere tali attività di accertamento e di contestazione delle infrazioni di propria iniziativa ovvero nell'ambito dei servizi di cui sono incaricati, come previsto dall'articolo 13, quarto comma della legge 24 novembre 1981, n. 689.

Nei locali privati, infine, i soggetti cui spetta vigilare sul rispetto del divieto si identificano nei conduttori dei locali stessi e nei collaboratori da essi formalmente delegati che, in base a quanto chiarito al punto 4 della presente circolare, richiamano i trasgressori all'osservanza del divieto e provvedono a segnalare immediatamente le infrazioni a uno dei soggetti pubblici incaricati della vigilanza, dell'accertamento e della contestazione delle violazioni in precedenza indicati. Fermi i chiarimenti e le indicazioni di cui sopra, corre l'obbligo di ribadire anche in questa sede che ogni eventuale, ulteriore dubbio che dovesse emergere dalla normativa sul divieto di fumare a tutela della salute dei non fumatori dovrà essere valutato alla luce del fondamentale principio cui è informata tale disciplina, in base alla quale «è proibito fumare in tutti i locali chiusi, a eccezione delle abitazioni private e dei locali riservati ai fumatori se esistenti e purché dotati delle caratteristiche previste dal decreto del presidente del Consiglio dei ministri 23 dicembre 2003».

REPUBBLICA ITALIANA

BOLLETTINO UFFICIALE

DELLA

REGIONE LOMBARDIA

MILANO - MERCOLEDÌ 25 OTTOBRE 1989

SOMMARIO

pag.

C) DELIBERAZIONI DELLA GIUNTA REGIONALE

Aggiornamento titolo III Regolamento locale di igiene tipo - (Deliberazione della Giunta Regionale del 25 luglio 1989 - n. 4/45266) II

Titolo III - Regolamento locale di igiene - Delibera della Regione Lombardia

Condizionamento: caratteristiche degli impianti

Gli impianti di condizionamento dell'aria devono essere in grado di assicurare e mantenere negli ambienti le condizioni termiche, igrometriche, di velocità e di purezza dell'area idonee ad assicurare il benessere delle persone e le seguenti caratteristiche:

- a) il rinnovo di aria esterna filtrata non deve essere inferiore a 20 mc/persona/ora nei locali di uso privato. I valori di cui sopra possono essere ottenuti anche mediante parziale ricircolazione fino a 1/3 del totale, purché l'impianto sia dotato di adeguati accorgimenti per la depurazione dell'aria;
- b) temperatura di 20 ± 1 °C con U.R. di 40-60% nella stagione invernale, nella stagione estiva temperatura operativa compresa tra 25-27°C con U.R. di 40-60% e comunque con una differenza di temperatura fra l'aria interna ed esterna non inferiore a 7°C; c) la purezza dell'aria deve essere assicurata da idonei accorgimenti (filtrazione e se del caso disinfezione) atti ad assicurare che nell'aria dell'ambiente non siano presenti particelle di dimensione maggiore a 50 micron e non vi sia possibilità di trasmissione di malattie infettive attraverso l'impianto di condizionamento;
- d) la velocità dell'aria nelle zone occupate da persone non deve essere maggiore di 0,20 m/s misurata dal pavimento fino ad una altezza di m 2.

Sono fatte salve diverse disposizioni dell'Autorità Sanitaria, con particolare riferimento per gli ambienti pubblici, commerciali, luoghi di lavoro, ecc.

Condizionamento: presa di aria esterna

Le prese d'aria esterna devono essere sistemate di norma alla copertura e comunque ad un'altezza di almeno m 3 dal suolo se si trovano all'interno di cortili e ad almeno m 6 se su spazi pubblici.

La distanza da camini o altre fonti di emissioni deve garantire la non interferenza da parte di queste emissioni sulla purezza dell'aria usata per il condizionamento.

21 “Titolo III - Ambienti confinanti - Igiene edilizia” del regolamento di Igiene del Comune di Milano in vigore dal 23 maggio 1995.

Il presente regolamento è stato approvato dal Consiglio Comunale nella seduta del 20 marzo 1995 con deliberazione n. 113/95 - atti n. 18162.400 P.G. 95 divenuta esecutiva il 23 maggio 1995.

“Titolo III - Ambienti confinanti - Igiene edilizia” del Regolamento di igiene del Comune di Milano

- Cap. 1 - **Norme generali**
- Cap. 2 - **Aree edificabili e norme generali per le costruzioni**
- Cap. 3 - **Misure igieniche e norme generali per i cantieri**
- Cap. 4 - **Requisiti igienico-prestazionali degli edifici**
- Cap. 5 - **Corti, cortili, patii, cavedi e suolo pubblico**
- Cap. 6 - **Soppalchi, seminterrati, sotterranei, sottotetti, scale**
- Cap. 7 - **Esercizi di ospitalità e abitazione collettiva**
- Cap. 8 - **Locali di ritrovo e per pubblici spettacoli**
- Cap. 9 - **Stabilimenti balneari, alberghi diurni, piscine**
- Cap. 10 - **Costruzioni al servizio di attività agricole e zootecniche**
- Cap. 11 - **Edifici per attività produttive, depositi**
- Cap. 12 - **Lavanderie, barbieri, parrucchieri ed attività affini**
- Cap. 13 - **Autorimesse private e pubbliche**
- Cap. 14 - **Ambulatori, ospedali e case di cura**
- Cap. 15 - **Alloggi destinati alla ricezione di turisti all'aria aperta**

- Ricoveri a carattere temporaneo - Ricoveri per situazioni di emergenza

Capitolo 4 - Requisiti igienico-prestazionali degli edifici

Art. 3.4.1. (*) - Principi generali. - Le seguenti norme disciplinano i requisiti igienici cui gli edifici devono rispondere per soddisfare, almeno a livello di soglia, le esigenze dei singoli e della collettività.

Art. 3.4.2. (*) - Campo di applicazione. - I requisiti di cui al presente Capitolo relativi agli spazi di abitazione, salvo diverse specifiche regolamentazioni, si applicano anche per negozi, studi professionali, uffici in genere, laboratori.

Negli interventi sugli edifici esistenti le presenti norme sono vincolanti limitatamente alle parti di edificio interessate dagli interventi stessi.

Non sono vincolanti negli interventi di manutenzione ordinaria e in quelli di straordinaria manutenzione che comportino un miglioramento della situazione igienica preesistente.

Art. 3.4.3. (*) - *Tipologia dei locali*. - In base alla previsione d'uso negli spazi, in ogni edificio si distinguono:

- a) spazi di abitazione: sale soggiorno, uffici, studi, cucine, sale da pranzo, camere da letto, sale da gioco, sale di lettura e assimilabili;
- b) spazi di servizio: bagni, gabinetti, corridoi, disimpegni e ripostigli, lavanderia, spogliatoi, guardaroba.

a) Qualità dell'aria

Art. 3.4.4. (*) - *Volume d'aria*. - Il volume minimo d'aria disponibile per individuo non può essere inferiore a 25 mc, con il vincolo che l'altezza libera tra pavimento e intradosso finito del soffitto non sia inferiore a quanto previsto dalle disposizioni vigenti.

Art. 3.4.5. - *Aerazione naturale o diretta*. - Gli edifici devono avere aerazione naturale adeguata alla sua destinazione.

Art. 3.4.6. (*) - *Riscontro d'aria*. - Deve essere garantito il riscontro d'aria effettivo per tutte le unità immobiliari anche mediante cavedi, ad esclusione degli alloggi per un utente virtuale.

Art. 3.4.7. (*) - *Aerazione attivata: condizionamento - ventilazione meccanica*. - In sostituzione dell'aerazione naturale è ammessa quella di tipo attivato con sistemi permanenti ed adeguati alla destinazione d'uso dei locali, in conformità alla normativa tecnica vigente.

Per aerazione attivata si intende il condizionamento o la ventilazione meccanica. È ammessa nei seguenti casi:

- 1) locali destinati ad uffici; locali aperti al pubblico destinati ad attività commerciali, culturali e ricreative;
- 2) locali destinati ad attività che richiedono particolari condizioni di illuminazione e locali per spettacoli (quali ad es. cinema, teatri e simili, camere oscure);
- 3) locali bagno di alloggi per un utente virtuale o se nell'unità immobiliare esista un bagno dotato di wc e aerato naturalmente.

Di norma la ventilazione meccanica è consentita solo per i servizi igienici e, ad integrazione di quella naturale, può essere consentita previo parere del Responsabile del Servizio n. 1 della A.S.L., in esercizi commerciali per particolari esigenze.

Condizionamento

a) Caratteristiche degli impianti

Gli impianti di condizionamento dell'aria devono essere in grado di assicurare e mantenere negli ambienti le condizioni termiche, idrotermiche, di velocità e di purezza dell'aria idonee ad assicurare il benessere delle persone e le seguenti caratteristiche:

- 1) il rinnovo di aria esterna filtrata non deve essere inferiore a 20 mc/persona/ora.

I valori di cui sopra possono essere ottenuti anche mediante parziale ricircolazione fino a 1/3 del totale, purché l'impianto sia dotato di adeguati accorgimenti per la depurazione dell'aria;

2) temperatura di 19 ± 1 °C con U.R. di 40-60% nella stagione invernale; nella stagione estiva temperatura operativa compresa tra 25 - 27 °C con U.R. di 40-60% e comunque con una differenza di temperatura fra l'aria interna ed esterna non inferiore a 7 °C;

3) **la purezza dell'aria deve essere assicurata da idonei accorgimenti (filtrazione e, nel caso, disinfezione)** atti ad assicurare che nell'aria dell'ambiente non siano presenti particelle di dimensione maggiore a 50 micron e non vi sia possibilità di trasmissione di malattie infettive attraverso l'impianto di condizionamento;

4) la velocità dell'aria nelle zone occupate da persone non deve essere maggiore di 0,20 m/s misurata dal pavimento fino ad un'altezza di 2 m.

Sono fatte salve diverse disposizioni dell'Autorità Sanitaria, con particolare riferimento agli ambienti pubblici commerciali, luoghi di lavoro, ecc.

Prese di aria esterna

Le prese d'aria esterna devono essere sistemate di norma alla copertura e comunque ad un'altezza di almeno 3 m dal suolo se si trovano all'interno di cortili ed almeno m 6 se su spazi pubblici. La distanza dei camini o altre fonti emissioni deve garantire la non interferenza da parte di queste emissioni sulla purezza dell'aria usata per il condizionamento.

Art. 3.4.8. - *Aerazione di tipo indiretto.* - L'aerazione può essere di tipo indiretto senza che sia necessario l'impiego di dispositivi di attivazione solo nei casi:

- a) locali non destinati alla permanenza di persone (quali ad es.: i ripostigli, le cantine, i sottotetti);
- b) spazi destinati al disimpegno e alla circolazione orizzontale e verticale all'interno delle singole unità immobiliari (quali ad es. i corridoi).

Art. 3.4.9. (*) - *Apertura di serramenti.* - Le parti apribili dei serramenti occorrenti per la ventilazione naturale degli ambienti mediante aria esterna, misurate convenzionalmente al lordo dei telai, non possono essere inferiori a 1/10 del piano di calpestio dei locali medesimi. Sono escluse dal calcolo le porte di accesso alle unità immobiliari, se non a diretto contatto con l'esterno dell'edificio e dotate di opportune parti apribili, ad eccezione dei locali adibiti ad attività commerciali aperti al pubblico. Le parti apribili computate nei calcoli per la verifica dei rapporti di aerazione devono essere esclusivamente verticali, qualora in copertura.

Il comando che le attiva deve essere posto ad altezza d'uomo.

La conservazione delle minori superfici aeranti esistenti è consentibile a condizione che non ven-

gano peggiorati i rapporti di aerazione già esistenti.

La superficie finestrata che garantisce il ricambio d'aria può essere ridotta a 1/12 del piano di calpestio negli ambienti dotati di serramento apribile da pavimento all'intradosso finito del soffitto.

Art. 3.4.10. (*) - *Altezze minime dei locali.* - L'altezza media dei locali non deve essere minore di 2,70 m.

L'altezza media può essere ridotta a 2,40 m nei bagni, nei gabinetti, negli spogliatoi e lavanderie.

L'altezza negli altri spazi di servizio può essere ridotta a 2,10 m.

La distanza minima tra il pavimento e la superficie più bassa del soffitto finito non deve essere inferiore a 2,10 m.

La conservazione di minori altezze può essere autorizzata per gli interventi sugli edifici esistenti che non eccedono la straordinaria manutenzione.

Gli eventuali spazi di altezza inferiore ai minimi devono, in relazione all'uso del locale, essere chiusi mediante opere murarie o arredi fissi e ne potrà essere consentito l'uso esclusivamente come ripostiglio, guardaroba.

Art. 3.4.11. (*) - *Volume minimo degli alloggi e numero degli utenti.* - La dimensione minima degli alloggi è espressa in volume, misurato al lordo delle partizioni interne, secondo la seguente formula: $25 + 49 u$ metri cubi, dove u è il numero degli utenti previsti uguale o superiore a 2.

Detta disponibilità di volume è calcolata indipendentemente dalla soluzione distributiva adottata per gli spazi di abitazione e ammette l'ipotesi della "pianta libera".

Al fine del presente calcolo non è computabile l'altezza media superiore a m 3; l'alloggio per un utente non può comunque avere un volume inferiore a 80 mc e una superficie netta inferiore a 30 mq.

Gli indici di volume determinano il numero massimo di utenti ammissibili per ogni alloggio sotto il profilo igienico-sanitario.

Per gli interventi di edilizia convenzionata e sovvenzionata si fanno salve le norme previste dalla legislazione nazionale e regionale in materia.

Art. 3.4.12. (*) - *Superfici minime degli ambienti.* - La superficie minima degli spazi di abitazione non deve essere inferiore ai seguenti valori:

- camere ad un letto mq 9,00
- camere a due letti mq 14,00
- soggiorno (anche con spazio di cottura) mq 14,00
- cucina mq 7,00
- servizio igienico (con lato minimo di m 1,70 in alloggi progettati per 3 o più utenti virtuali) mq 3.

Gli alloggi progettati per uno o due utenti virtuali devono essere dotati di almeno uno spazio di

cottura, di un servizio igienico, di un ripostiglio anche del tipo a soppalco.

Gli alloggi progettati per tre o quattro utenti virtuali devono essere dotati almeno di una cucina indipendente, di un servizio igienico, di un ripostiglio anche del tipo a soppalco.

Gli alloggi progettati per cinque o più utenti virtuali devono essere dotati almeno di una cucina indipendente di due servizi igienici, di un ripostiglio anche del tipo a soppalco; per il secondo servizio igienico è richiesta una superficie minima di mq 2,00 e un lato minimo di m 1,20.

Negli immobili destinati ad uffici e negozi, quando non regolamentati da specifiche norme al riguardo, la superficie dei servizi igienici non deve essere inferiore a 1,5 mq.

22 H Circolare CNR del 1992



AREA della RICERCA di ROMA II, 9/3/1992

Prot. n° 122/92

DISEGNO DI LEGGE

DIVIETO DI FUMARE NEI LOCALI PUBBLICI E APERTI AL PUBBLICO E SUI MEZZI DI TRASPORTO

Preso atto della proposta di Legge presentata dall'On.le De Lorenzo, Ministro "Pro-Tempore" della Sanità, ed analizzato in contenuto della stessa, si ritiene opportuno apportare alcuni chiarimenti circa l'Art. 3 della proposta che stabilisce la non applicabilità del divieto di fumare in locali dove sia assicurato il ricambio d'aria mediante installazione di impianti di condizionamento o ventilazione rispondenti alle caratteristiche di definizione e classificazione determinati dall'Ente di Unificazione Nazionale (UNI).

Il termine di condizionamento viene inteso in modo parziale ed incompleto dall'opinione pubblica e dalla stampa i quali colgono in questa espressione solo il significato di trattamento termico dell'aria in oggetto. Più in generale, il termine identifica uno o più operazioni unitarie aventi la finalità di controllare le caratteristiche fisiche ed anche chimiche dell'aria. Tra queste operazioni si possono citare la filtrazione, l'essiccamento, l'umidificazione, il raffreddamento o riscaldamento etc. Tali trattamenti assicurano all'aria in oggetto proprietà tali da soddisfare alcuni requisiti e specifiche tecniche.

Nel caso dell'utilizzazione di tali dispositivi in locali nei quali è previsto il consumo di sigarette, la proposta di Legge è formulata in modo da prevedere impianti tali da assicurare concentrazioni di fumo all'interno dei locali molto più basse di quelle riscontrabili in assenza dei dispositivi di condizionamento.

A questo proposito, occorre osservare che la concentrazione di inquinanti dell'atmosfera che si riscontra in luoghi chiusi nei quali venga consumato tabacco è funzione della velocità di emissione degli inquinanti, ossia del numero di fumatori e della quantità di sigarette consumata nell'unità di tempo, e della velocità di rimozione degli stessi. A parità di condizione di emissione di fumo, la concentrazione viene ad essere funzione solo della velocità di rimozione.

La rimozione di un inquinante dall'atmosfera avviene attraverso due meccanismi fondamentali che sono riconducibili alla diluizione degli inquinanti oppure al loro abbattimento. Il primo meccanismo assicura la diminuzione di concentrazione attraverso la diluizione con aria esterna, mentre il secondo meccanismo provoca una riduzione della concentrazione mediante la rimozione della massa degli inquinanti. Nel primo caso quindi, a parità di massa dell'inquinante, la concentrazione diminuisce a causa dell'aumento dell'aria di diluizione, mentre nel secondo caso, a causa della diminuzione della massa di inquinante per abbattimento di tipo chimico o fisico.

Da questo punto di vista, si ritiene che i depuratori elettrostatici di aria sono in condizione di soddisfare quanto riportato nella proposta di Legge in quanto:

- A) Sono dotati di elevata efficienza di abbattimento per gli inquinanti di interesse per la contaminazione da fumo passivo quali particelle e composti organici di varia natura.
- B) Sono caratterizzati da costi di impianto molto più limitati dei condizionatori per cui il loro dispiegamento non incontrerebbe eccessive resistenze da parte degli utilizzatori.
- C) Il costo di funzionamento è molto limitato in quanto, riciclando aria interna, si riduce notevolmente l'apporto di aria esterna con grandi vantaggi energetici.
- D) La semplicità di funzionamento e la possibilità di funzionamento continuo sono tali da costituire la migliore alternativa nel caso di utilizzazione in piccoli ambienti.

Ovviamente, le caratteristiche positive dei depuratori elettrostatici debbono essere accompagnate da una serie di precauzioni nell'uso particolarmente per quanto riguarda la bassa produzione di ozono e per quanto riguarda il programma di manutenzione del filtro.

In conclusione, si ritiene che l'impiego dei filtri elettrostatici per la purificazione dell'aria da fumo di sigaretta possa costituire uno degli strumenti più significativi alla luce delle finalità della proposta di Legge.

 Il Direttore
Dott. Ivo ALLEGRI


vedi articolo allegato dal titolo: Bontempi RCI 5

23 Bontempi RCI 5

I locali destinati ai fumatori, una prova pratica

Scopi e finalità

La finalità di questa esperienza era quella di valutare la concreta e reale efficacia dei sistemi ventilanti e le modalità di ventilazione negli ambienti confinati, descritti e contenuti nella bozza di regolamento d'attuazione dell'art. 51, comma 2 della legge 16 gennaio 2003, n. 3, come modificato dall'art. 7 della legge 21 ottobre 2003, n. 306, in materia di «tutela della salute dei non fumatori» proposto da **A.I.C.A.R.R.** (*Associazione Italiana Condizionamento dell'Aria, Riscaldamento, Refrigerazione*).

Come ormai noto, gli impianti di ventilazione vengono chiamati a ridurre l'inquinamento ambientale da **ETS** (*Environmental Tobacco Smoke*) nella zona fumatori e contemporaneamente, e in modo prioritario, eliminare il rischio di trasferimento di tale inquinante verso la zona riservata ai non fumatori, così come prescritto nella legge sopra citata.

Per questo scopo, la **"UNIDE"** (*Unione Nazionale Industrie Depuratori Elettrostatici*) congiuntamente alla **"UNITÀ DI PREVENZIONE DANNI DA FUMO"** dell'Istituto Nazionale dei Tumori di Milano in collaborazione con la Società Italiana di Medicina Generale (SIMG), ha predisposto, in ottemperanza a quanto prescritto dal legislatore e in rispetto della proposta **A.I.C.A.R.R.**, un ambiente campione, suddiviso in due locali distinti e separati, comunicanti tra loro da una porta manuale scorrevole e avente dimensioni standard.

Tali locali, differenti in superficie, simulavano rispettivamente una zona fumatori (16 m²) e una zona non fumatori (20 m²) ed inoltre erano caratterizzati da propri e distinti sistemi di ventilazione e/o depurazione, in accordo alla sopra citata proposta di regolamentazione impiantistica. All'interno di detti locali sono stati predisposti gli strumenti adatti alla misurazione di alcuni inquinanti tipici (marker), anche se non tutti specifici, presenti nell'**ETS** al fine di misurarne la loro entità in concentrazione (zona fumatori) o la loro sola presenza in ambiente (zona non fumatori).

Le sostanze che sono state prese a riferimento sono di natura particolata (particelle solide e liquide, PM) e di natura gassosa e sono oggetto di limitazioni ambientali (concentrazioni massime in relazione ai tempi d'esposizione) secondo precise linee guida di riferimento emesse a cura dell'OMS (*Organizzazione Mondiale della Sanità*) (Air Quality Guidelines for Europe second edition WHO Regional Publications, European Series, No. 91 2000).

Metodi

Parametri misurati

Sono state scelte, come parametri indicativi del livello di inquinamento da *ETS*, le seguenti sostanze:

a) Particolato inteso come PM2,5

misurato sia con sistemi ottici, per poter avere un'indicazione istantanea dell'andamento del particolato nelle due zone, fumatori e non fumatori, sia con metodi gravimetrici certificati per le correzioni degli errori intrinseci degli analizzatori ottici e per la loro calibrazione.

b) Monossido di carbonio

come parametro di riferimento empirico dell'andamento istantaneo della componente gassosa dell'ETS, misurato con analizzatori a celle elettrochimiche preventivamente calibrati con bombole di gas campione.

c) BTX (Benzene, Toluene e Xilene) ed Aldeidi come formaldeide e acroleina

come indicatori di alcune sostanze gassose presenti nel fumo di sigaretta.

La strumentazione

Il PM2,5 veniva misurato in continuo con strumenti a diffrazione laser.

4) Analizzatore di massa di aerosol Aerocet 531 Metone Inst. Inc. Il sensore è calibrato in fabbrica utilizzando particelle di calibrazione PLS (polistirene latex)

<i>Measurement Principle</i>	<i>Optical, Light-Scatter using Laser Diode</i>
<i>Detectable Particle "Size" Range</i>	<i>0.5 µm to 10 µm</i>
<i>Flow Rate</i>	<i>0.1 cfm (2.83 lpm)</i>
<i>Operating Modes</i>	<i>Mass Monitor or Particle Counter</i>
<i>Mass Range(s)</i>	<i>PM1, PM2.5, PM7, PM10, TSP</i>
<i>Concentration Range</i>	<i>Up to 1 mg/m³</i>
<i>Sample Interval</i>	<i>2 minutes</i>
<i>Counter-Mode Op.Range(s)</i>	<i>0.5µm and 5.0µm, cumulative</i>
<i>Concentration Range:</i>	<i>0-3,000,000 particles/cubic foot</i>
<i>Operating Temperature</i>	<i>0 to +50°C</i>

5) Contatore di particelle mod. 9012 della Metone Inst. Inc. Lo strumento è calibrato in fabbrica con particelle NIST Traceable Polistirene Latex.

La misura viene effettuata ogni 20 secondi.

<i>Detectable Particle Sizes</i>	<i>0.3 mm to TSP</i>
<i>Flow Rate</i>	<i>0.1 CFM (2.83 LPM)</i>

<i>Measuring Modes</i>	<i>Mass PM1, PM2.5, PM5, PM7, PM10</i>
<i>Concentration</i>	<i>Up to 1mg/m³</i> <i>Up to 10 mg/m³ (with bypass flow)</i>
<i>Particle Counter</i>	<i>0.3 µm to 10 µm (Six selected sizes)</i>
<i>Concentration</i>	<i>0-5,000,000 0-30,000,000 (with bypass flow)</i>
<i>Temperature</i>	<i>0 to +50 Degrees Celsius</i>

6) Spettrometro GRIMM modello 1.108

General specifications measurement mode Continuous

air flow ±5% stability, independent of dust load on filter, automatically controlled Clean Air Additional sheath air of 0,4 l/min

Resolution ±5% of reading

Mass Reproducibility In R2 up to 0.95 Count Reproducibility ±3% at max. range

Size Reproducibility With certified NBS Latex Mass Calibration With polydisperse Dolomit dust Operating temp. +5 to 45 °C degrees

Particle size 0,3/0,4/0,5/0,65/0,8/1,0/1,6/2,0/3,0/4,0/5,0/7,5/10/15/20 µm Particle range 1 to 2.000.000 counts/liter

Mass range 100 mg/liter Sensivity 1 particle/liter

Sample flow rate 1.2 liter/minute Reproducibility ±2%

I campionamenti delle polveri respirabili sono stati condotti impiegando campionatori Zambelli a portata costante calibrata e separatore a ciclone tipo Lipp-Mann in grado di separare la frazione respirabile delle polveri, così come definita in App. D ACGIH 2001, con curva di deposizione percentuale in funzione del diametro aerodinamico.

Il doppio stadio con ciclone di Lipp-Mann nei differenti diametri è conforme alla curva standard ACGIH.

Il supporto di captazione delle polveri è costituito da membrana in PVC a porosità 0,80 µm e 25 mm di diametro. La determinazione delle polveri respirabili totali è stata condotta per via gravimetrica mediante bilancia Sartorius con divisione al centesimo di milligrammo.

L'ossido di carbonio (Co): sono stati utilizzati i modelli PORTOX della FER STRUMENTI, preventivamente calibrati con bombole con certificato di analisi con un contenuto di aria sintetica per lo Zero e di CO (20 ppm) per lo Span.

Precision: ±1% of the specific cell full range.

Detectability: 1ppm (display 0,1 ppm and data logger 0,4 ppm)

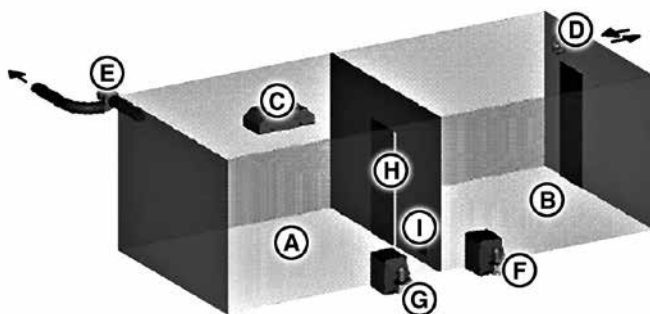
T90: less than 40 seconds.

Use temperature: 5-45°C

Il rilevamento del benzene è stato effettuato mediante l'utilizzo di campionatori passivi di tipo

“Radiello”, costituiti da cartucce adsorbenti specifiche per sostanze organiche volatili, che si lasciano attraversare dall’aria circostante per diffusione passiva e rilasciano poi le sostanze adsorbite per desorbimento chimico in laboratorio. Le sostanze desorbite con solfuro di carbonio sono state infine analizzate in gascromatografica capillare.

La determinazione delle aldeidi è stata effettuata mediante l’utilizzo di campionatori attivi personali a batteria funzionanti alla portata costante di 0,9 l/min ed impiegando fiale con substrato di captazione attivato con 2,4 dinitrofenilidrazina specifica per composti carbonilici. L’analisi chimica dopo desorbimento delle fiale è stata condotta via HPLC-UV.



Allestimento dell'ambiente figura

Descrizione della **figura 1**:

A: Locale fumatori: Superficie 16 m² (4x4) Volume 48 m³ (16x3)

B: Locale non fumatori: Superficie 20 m² (5x4) Volume 60 m³ (20x3)

C: Abbattitore elettrostatico attivo

D: Ventilatore elicoidale di estrazione/immissione

E: Ventilatore centrifugo per estrazione

F: Modulo ventilante e filtrante con grado di filtrazione G3+F5 (UNI 10339)

G: Modulo ventilante e filtrante con grado di filtrazione G3+F5 (UNI 10339)

H: Porta scorrevole manuale

I: Griglia di transito 300 x 200 cm

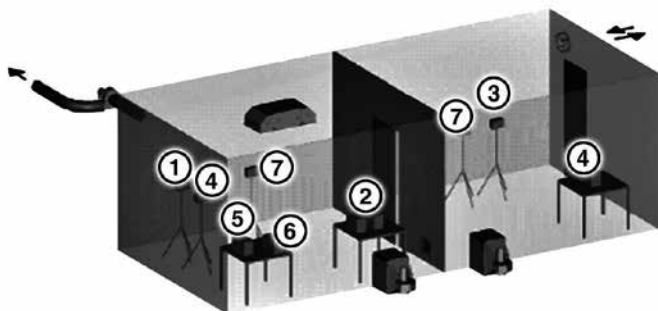
Come già citato in precedenza, le prove tecniche in condizioni reali sono state effettuate in un ambiente campione costruito allo scopo e raffigurato nella figura 1. Tale ambiente è costituito da un locale (A) riservato ai fumatori e collegato tramite una porta scorrevole manuale (H) ad un secondo locale (B) di superficie maggiore, dove invece i fumatori non devono essere presenti e quindi vige

il divieto di fumare.

Nella stanza non-fumatori (B) è stato installato un ventilatore (D) in grado di estrarre o di immettere aria esterna non filtrata ed una unità di immissione aria (F) che immette aria esterna filtrata con grado di filtrazione G3+F5, secondo le attuali normative vigenti (UNI 10339).

Nella stanza prevista per i fumatori (A), è stato installato un ventilatore di sola estrazione (E), una unità di immissione aria (G) che immette aria esterna filtrata con grado di filtrazione G3+F5, secondo le attuali normative vigenti (UNI 10339) ed un depuratore d'aria (abbattitore)(C) a precipitazione elettrostatica attiva ad alta efficienza.

Dato la considerevole quantità d'aria di ricambio in moto, sia essa esterna, di trasferimento (By-pass), che secondaria (con depuratore in funzione), in relazione al volume dei locali in esame, si considera il fattore di miscelazione (mixing factor) vicino all'unità, sebbene non possano escludersi del tutto degli errori di misura dovuti a stratificazioni e/o vie preferenziali dell'ETS all'interno delle stanze.



Piano di analisi dell'aria figura

Descrizione della **figura 2:**

1: Analizzatore ottico di massa di particolato mod. Aerocet 531 Metone Instruments Inc. e Campionatore Zambelli e testa di campionamento PM 2,5 tipo Lipp-Mann per determinazione gravimetrica delle polveri fini.

2: Emettitore di fumo a pompa per max. 25 sigarette contemporaneamente (Smoking machine)

3: Contatore di particelle laser Metone Instruments Inc. mod. 9012

4: Campionatori e cartucce adsorbenti selettive per i campionamenti di aldeidi e di BTX

5: Contatore di particelle laser GRIMM modello 1.108

6: Analizzatore continuo di CO₂ modello SGA96 GRIMM

7: Rilevatori di CO mod. Portox della Fer Strumenti srl

Modalità di ventilazione

Come previsto dalla proposta di regolamentazione tecnica degli impianti di ventilazione di AICARR, sono stati presi in esame tre diversi tipi di ventilazione meccanica nei locali, ognuno dei quali è stato allestito nell'ambiente considerato, in tre giorni diversi di prova (*figura 3*). Le tre modalità di ventilazione prese in esame sono:

tabella 1

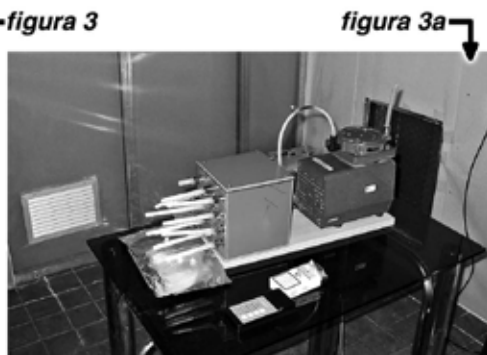
A	Locale fumatori	
A1	Tutta aria esterna (figura 4)	Ventilazione con tutta aria esterna debitamente filtrata, con le quantità prescritte dalle norme attuali (UNI 10339) e in più le quantità aggiuntive previste dal regolamento (30/lit/pers.)
A2	Aria esterna e aria di trasferimento (figura 5)	Ventilazione con aria esterna debitamente filtrata, in quantità prevista dalle norme attuali, più la quantità d'aria aggiuntiva prevista dal regolamento (30/lit/pers.), presa mediante trasferimento (by-pass) dal locale non-fumatori.
A3	Aria esterna, aria di trasferimento e aria secondaria (figura 6)	Ventilazione con aria esterna debitamente filtrata, in quantità prevista dalle norme attuali, più la quantità d'aria prevista dal regolamento denominata "aria secondaria" (EN13779) (30/lit/pers.), con l'ausilio di un sistema filtrante efficace nel trattenere gli inquinanti particolati dell'ETS (filtro elettrostatico) e una quantità d'aria di by-pass (aria di trasferimento - EN13779) atta al mantenimento di una depressione di circa 3-5 Pa rispetto al locale adiacente previsto per i non-fumatori.

tabella 2

B	Locale senza fumatori	
B1	Aria esterna filtrata (figura 4)	Ventilazione con aria esterna filtrata e in quantità prevista dalle attuali norme (UNI 10339) (immissione ed estrazione).
B2	Aria esterna filtrata e non (figura 5)	Ventilazione con aria esterna filtrata e in quantità prevista dalle attuali norme (UNI 10339), più un'ulteriore immissione non filtrata per far fronte a quella richiamata in by-pass (trasferimento) dal locale fumatori.
B3	Aria esterna non filtrata (figura 6)	Ventilazione per immissione di aria esterna in quantità prevista dalle attuali norme.

Le quantità d'aria utilizzate sono in riferimento al numero di persone presenti previste per la tipologia dei locali, in questo caso la destinazione d'uso ipotizzata è l'ambiente "Ufficio".

La norma presa a riferimento (UNI 10339) prescrive un tasso di ventilazione minima d'aria esterna pari a 11 litri al secondo per persona (40 m³/ora).



← **figura 3**

figura 3a →

La nuova legge sul fumo di tabacco prescrive a sua volta che, per i locali previsti per i soli fumatori, al normale tasso di ventilazione, si debba utilizzare una ventilazione aggiuntiva pari a min. 30 litri al secondo per persona (108 m³/ora). Inoltre, tale legge prescrive che questi locali debbano essere considerati con un indice di affollamento pari a 0,7 (persone per m² di superficie) e che l'impianto di ventilazione debba essere dimensionato per tale capienza.

Quindi, per i locali presi in esame, il numero preventivato di persone presenti è in funzione della superficie dei locali stessi e perciò:

Locale fumatori = 16 m² 16 x 0,7 = 11 persone previste

Locale senza fumatori = 20 m² 20 x 0,7 = 14 persone previste

Le persone presenti nel locale fumatori sono considerate tutte fumatrici e ipoteticamente consumano in media due sigarette ora, impiegando circa 8 minuti per sigaretta. Calcolando che le persone stimate sono al massimo 11, ne deriva un consumo medio di 22 sigarette in un'ora. Data l'elevata produzione prevista e la difficoltà oggettiva di reperire 11 fumatori volontari, si è utilizzato, oltre a fumatori veri e propri, una speciale "macchina" fumatrice, la quale, opportunamente temporizzata, simula i tempi di aspirazione e di pausa di un fumatore medio. (*figura 3a*)

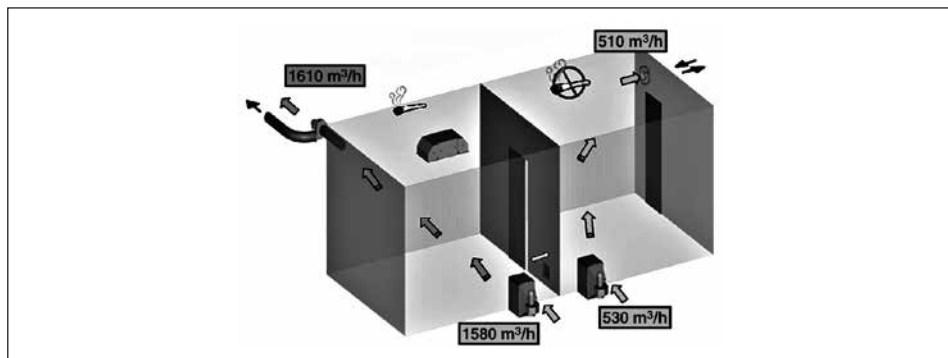


figura 4

La **figura 4** (rif. A1 tab. A e b1 tab. B) rappresenta la modalità di ventilazione con tutta aria esterna con le portate d'aria calcolate secondo le caratteristiche sotto riportate:

Ambiente	N° persone	Aria immessa		Filtrazione	Aria estratta
Fumatori	11	11 L/s/p.	~1580 m³/ora	G3+F5 (M+A)	~1620 m³/ora
		30 L/s/p.			
Non fumatori	14	11 L/s/p.	~530 m³/ora	G3+F5 (M+A)	~510 m³/ora

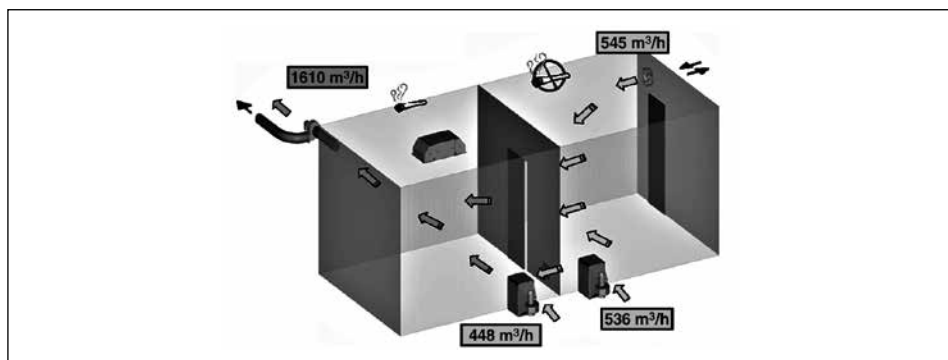


figura 5

La **figura 5** (rif. A2 tab.A e b2 tab.B) rappresenta la modalità di ventilazione con aria esterna con l'aggiunta di 30 L/s/p prelevati tramite trasferimento dal locale non fumatori e secondo le caratteristiche sotto riportate.

Ambiente	N° persone	Aria immessa	Filtrazione	Aria estratta
Fumatori	11	~448 m ³ /ora	G3+F5 (M+A)	~1610 m ³ /ora
		~1100 m ³ /ora	trasferimento	
Non fumatori	14	~536 m ³ /ora	G3+F5 (M+A)	no
		~545 m ³ /ora	no	

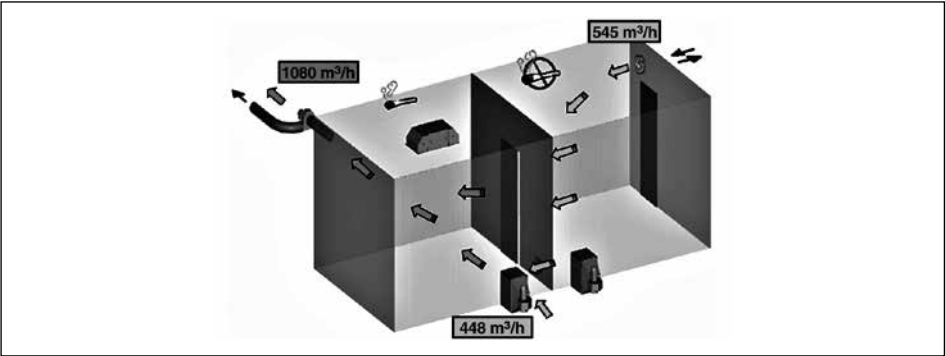


figura 5a

La **figura 5a** (rif. A2 tab.A e b2 tab.B) rappresenta la modalità di ventilazione con aria esterna con l'aggiunta degli 11 L/s/p prelevati tramite trasferimento dal locale non fumatori e secondo le caratteristiche sotto riportate:

Ambiente	N° persone	Aria immessa	Filtrazione	Aria estratta
Fumatori	11	~448 m ³ /ora	G3+F5 (M+A)	~1080 m ³ /ora
		~600 m ³ /ora	trasferimento	
Non fumatori	14	~545 m ³ /ora	no	no

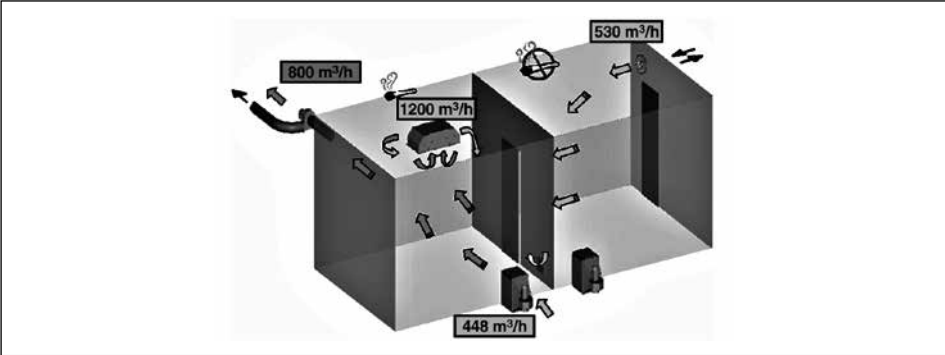


figura 6

La **figura 6** (rif. A3 tab.A e b3 tab.B) rappresenta la modalità di ventilazione con aria esterna con l'aggiunta di aria in trasferimento dal locale non fumatori e l'utilizzo d'aria secondaria opportunamente filtrata mediante l'utilizzo di un depuratore elettrostatico, secondo le caratteristiche sotto riportate.

Ambiente	N° persone	Aria immessa	Filtrazione	Aria estratta
Fumatori	11	~448 m³/ora	G3+F5 (M+A)	~800 m³/ora
		~200 m³/ora	trasferimento	
		~1200 m³/ora secondaria	Abbattitore	
Non fumatori	14	~530 m³/ora	no	no

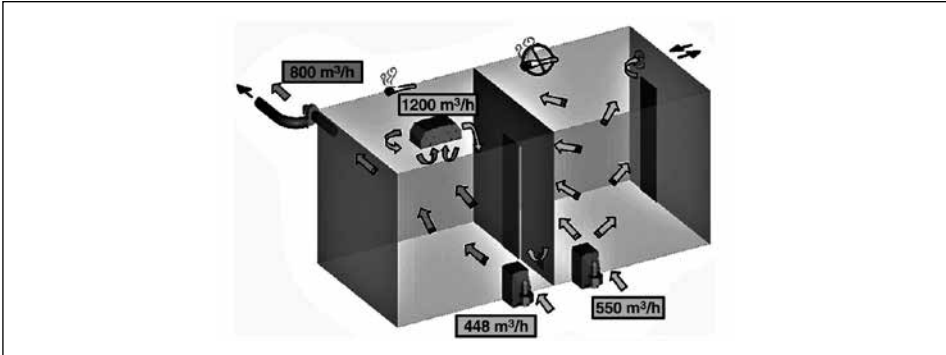


figura 6a

La **figura 6a** (rif. A3 tab.A e b3 tab.B) rappresenta la modalità di ventilazione con aria esterna con l'aggiunta di aria in trasferimento dal locale non fumatori e aria secondaria, filtrata mediante l'utilizzo di un depuratore elettrostatico secondo le caratteristiche sotto riportate.

Ambiente	N° persone	Aria immessa	Filtrazione	Aria estratta
Fumatori	11	~448 m³/ora	G3+F5 (M+A)	~800 m³/ora
		~350 m³/ora	trasferimento	
		~1200 m³/ora secondaria	Abbattitore	
Non fumatori	14	~550 m³/ora	G3+F5 (M+A)	no

Analisi dei risultati

Le analisi sono iniziate il giorno 18/11/2003 e completate il giorno 20/11/2003 e sono state effettuate secondo il piano e le impostazioni di ventilazione indicati nella sezione 2.4.

Il sommario dei risultati, presentati in dettaglio nell'Appendice C, è il seguente:

Analisi in tempo reale di PM e CO

Con sistema di ventilazione impostato secondo i seguenti criteri (Fig. 4):

Ambiente	N° persone	Aria immessa		Filtrazione	Aria estratta
Fumatori	11	11 L/s/p.	~1580 m ³ /ora	G3+F5 (M+A)	~1620 m ³ /ora
		30 L/s/p.			
Non fumatori	14	11 L/s/p.	~530 m ³ /ora	G3+F5 (M+A)	~510 m ³ /ora
Porta		Risultati			
Chiusa		nessuna traccia di contaminazione da ETS (PM e CO) nella zona non fumatori			
Aperta		evidente contaminazione da ETS nel PM ma non nel CO			
Aperta ogni 3 minuti per 15" circa		evidente contaminazione da ETS sia nel PM che nel CO			

Con sistema di ventilazione impostato secondo i seguenti criteri (Fig. 5):

Ambiente	N° persone	Aria immessa	Filtrazione	Aria estratta
Fumatori	11	~448 m³/ora	G3+F5 (M+A)	~1610 m³/ora
		~1100 m³/ora	trasferimento	
Non fumatori	14	~536 m³/ora	G3+F5 (M+A)	no
		~545 m³/ora	no	
Porta		Risultati		
Aperta ogni 3 minuti per 15" circa		evidente contaminazione da ETS sia nel PM che nel CO		

Con sistema di ventilazione impostato secondo i seguenti criteri (Fig. 5a):

Ambiente	N° persone	Aria immessa	Filtrazione	Aria estratta
Fumatori	11	~448 m³/ora	G3+F5 (M+A)	~1080 m³/ora
		~600 m³/ora	trasferimento	
Non fumatori	14	~545 m³/ora	no	no
Porta		Risultati		
Sempre aperta		evidente contaminazione da ETS nel PM e leggero aumento pure nel CO anche al limite della sensibilità dello strumento		
Aperta ogni 3 minuti per 15 " circa		nessun segno di contaminazione da ETS né nel PM né nel CO		

Con sistema di ventilazione impostato secondo i seguenti criteri (Fig. 6):

Ambiente	N° persone	Aria immessa	Filtrazione	Aria estratta
Fumatori	11	~448 m³/ora	G3+F5 (M+A)	~800 m³/ora
		~200 m³/ora	trasferimento	
		~1200 m³/ora secondaria	Abbattitore	
Non fumatori	14	~530 m³/ora	no	no
Porta		Risultati		
Aperta ogni 3 minuti per 15 " circa		PM: Aumento tendenziale ma non sembra correlato alla contaminazione da ETS. Probabile assenza di inquinamento da ETS. CO: VARIAZIONE > +/- 0,4 PPM		

NOTA: durante una di queste prove si è verificata una mancanza di tensione con conseguente fermata dei ventilatori. Questo fatto ha provocato un notevole aumento delle concentrazioni di PM e di CO nella zona non fumatori anche se le sigarette sono state immediatamente spente.

Con sistema di ventilazione impostato secondo i seguenti criteri (Fig. 6a):

Ambiente	N° persone	Aria immessa	Filtrazione	Aria estratta
Fumatori	11	~448 m ³ /ora	G3+F5 (M+A)	~800 m ³ /ora
		~350 m ³ /ora	trasferimento	
		~1200 m ³ /ora secondaria	Abbattitore	
Non fumatori	14	~550 m ³ /ora	G3+F5 (M+A)	no
Porta		Risultati		
Aperta ogni 3 minuti per 15" circa		evidente contaminazione da ETS nel PM ma non nel CO		

Con sistema di ventilazione impostato secondo i seguenti criteri:

Ambiente	N° persone	Aria immessa	Filtrazione	Aria estratta
Fumatori	11	~448 m ³ /ora	G3+F5 (M+A)	~800 m ³ /ora
		~200 m ³ /ora	trasferimento	
			Abbattitore NO	
Non fumatori	14	~530 m ³ /ora	no	no
Porta		Risultati		
Aperta 70 cm		PM: Aumento tendenziale ma correlato alla accensione delle sigarette. CO: VARIAZIONE > +/- 0,4 PPM		

Annotazioni

Il particolato (PM)

Nelle prove con il depuratore si nota una notevole diminuzione delle concentrazioni del **PM_{2,5}** quantificabile in media intorno al 60-70% rispetto ai valori misurati con solo ricambio d'aria nelle prove effettuate con 1.600, 1.080 e 800 m³/h. La figura 7 evidenzia in particolare che con l'abbattitore in funzione (aria secondaria), a parità di sigarette fumate (11 in circa mezz'ora) e di ricambio d'aria, le concentrazioni del **PM_{2,5}** risultano decisamente inferiori:

Ricambio & ricircolo	Concentrazioni medie
1600 m ³ /h	273 mg/m ³ (deviazione standard 56)
1080 m ³ /h	308 mg/m ³ (deviazione standard 91)
800 m ³ /h	414 mg/m ³ (deviazione standard 93)
Con abbattitore a 1200 m ³ /h e 800 m ³ /h di ricambio	95 mg/m ³ (deviazione standard 18)

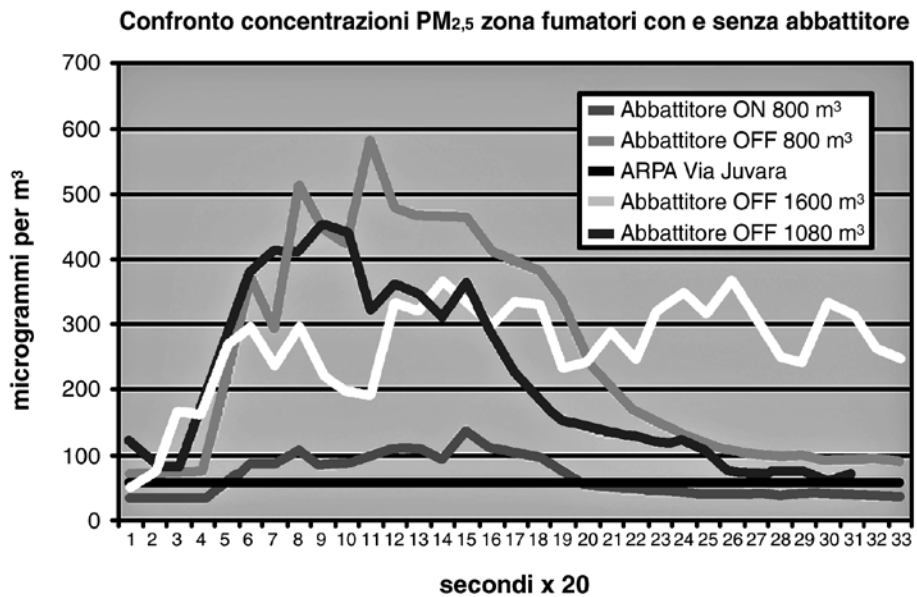


figura 7

Rilievi del PM ₁₀ da parte ARPA di Milano per le stazioni di via Juvara e via Verziere nei giorni 18-19-20/11/2003		
Data	Via Juvara	Via Verziere
18/11/2003	74 mg/m ³	79 mg/m ³
19/11/2003	66 mg/m ³	62 mg/m ³
20/11/2003	58 mg/m ³	56 mg/m ³

Confronto dei tre sistemi di ventilazione

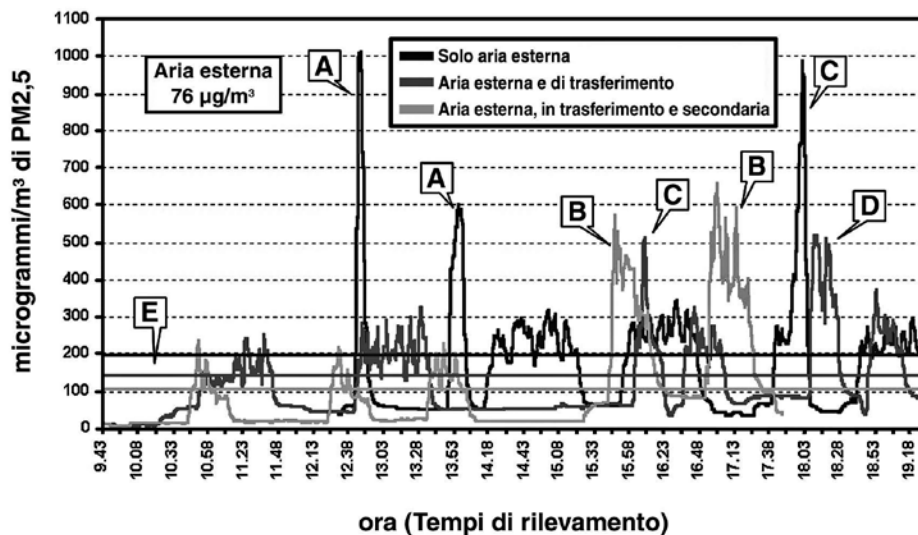


figura 8

Accensione di 11 sigarette contemporaneamente

B: Spegnimento del sistema a ricircolo (depuratore elettrostatico)

C: Spegnimento immediato e temporaneo del sistema di ventilazione (blackout)

D: Riduzione delle portate di estrazione (da 1620 m³/h a 1080 m³/h)

E: Concentrazione media di PM_{2.5} valutata con sistema gravimetrico

Le sostanze gassose

Il CO mostra una tendenza ad aumentare nel caso di diminuzione della portata d'aria di ricambio (e questo è un indice del fatto che anche tutti gli altri composti gassosi tendono ad aumentare come dimostrato anche dalle analisi dei BTX e della formaldeide), come si evidenzia dal seguente diagramma fig. 9 (valori escluso background).

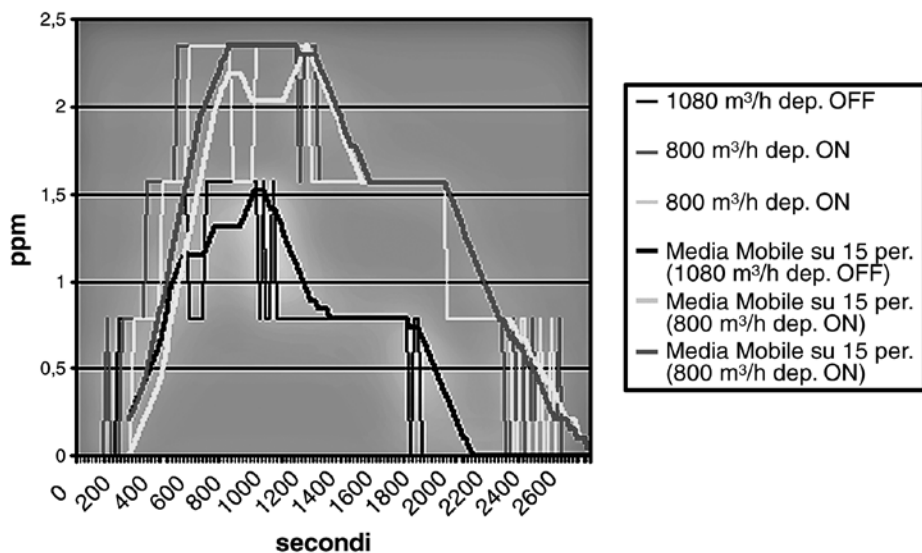


figura 9

a. Analisi BTX ed Aldeidi

Nelle tre giornate di prova l'indicatore più idoneo per verificare istante per istante il passaggio o meno di ETS (fumo passivo) dalla zona fumatori alla zona non fumatori è stato il numero di particelle a basso diametro aerodinamico rilevato in tempo reale dallo strumento ottico laser.

Per questa ragione tra una condizione di prova e l'altra, volendo ricreare velocemente le condizioni di partenza, ricambiando e purificando l'aria, non è stata mai mantenuta una rigida separazione dei due ambienti di prova ed i risultati mediati sulle intere giornate hanno evidentemente confermato un certo passaggio di inquinanti dalla zona fumatori alla zona non fumatori. Tuttavia alcune delle domande a cui si voleva rispondere con tale tipo di analisi hanno ottenuto una prima risposta che meriterebbe ulteriori verifiche:

- Le concentrazioni medie di inquinanti sono risultate molto basse e non preoccupanti, grazie alla ventilazione forzata ed al ricambio d'aria; ciò, per contro, ha comportato che i tempi di campionamento, soprattutto per il benzene, siano risultati non sufficienti ad ottenere una elevata accuratezza.
- Se queste sono le concentrazioni in presenza di ventilazione forzata, il sistema economico di campionamento passivo mediante RADIELLO degli inquinanti organici generati da ETS è possibile solo mediando i risultati su tempi più lunghi e non può essere impiegato per indagare prove con rapidi cambi di condizioni.

Nonostante le incertezze dovute ai fattori suddetti, analizzando le concentrazioni dei BTX e della formaldeide nella zona fumatori, si può notare che le concentrazioni presentano una evidente correlazione con il ricambio d'aria indipendentemente dal funzionamento o meno del depuratore, passando da circa 1.600 a 800 m³/h quasi raddoppiano.

figura 10

Risultati delle concentrazioni nel locale fumatori (marker gassosi)					
Sostanza (mg/m³)	Aria esterna	Ae+trasf.	Ae+tra.+Sec.	Esterno	Limiti
Benzene	3,6	6,9	7,4	2,3	10(a)
Toluene	22,5	40,6	45,9	11,3	260(b)
Xileni (ppm)	10 (ppm)	16,6 (ppm)	24,9 (ppm)	7,9 (ppm)	100(twa)
Formaldeide	10,1	10,3	20	<0,2	100(c)
Acroleina	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	50(d)
Co	3500-4500	4500-5000	4500-5000	1500-2500	10.000(e)
Co ₂ (ppm)	< 800 (ppm)	< 800 (ppm)	< 800 (ppm)	~ 350 (ppm)	<3500(f)

Twa: valore medio ponderale nel tempo

- a) *Limite Europeo per l'aria esterna*
- b) *Limite per esposizione continuativa (OMS Guidelines for Europe 2000)*
- c) *Valore medio per 15 minuti (OMS Guidelines for Europe 2000)*
- d) *Linee guida canadesi – concentrazione per lungo periodo*
- e) *Conc. media di 8 ore (30.000/1ora)(OMS Guidelines for Europe 2000)*
- f) *Linee guida canadesi – concentrazione per lungo periodo*

Analisi Nicotina residua nelle zone A e B dopo completamento delle prove.

La concentrazione in ambiente di nicotina in fase particolata è nettamente diminuita in presenza di ventilazione con il depuratore acceso, rispetto alla sola ventilazione con aria esterna. La metodica d'analisi utilizzata ha dato però risultati che necessitano di ulteriori e più approfonditi studi, in riferimento alla fase gassosa di tale inquinante e alla sua diffusione in ambiente. Quindi, a causa di quanto appena espresso, non viene ritenuto utile esporre i dati e i risultati ottenuti al fine di non trarne delle conclusioni errate e non obiettive.

Conclusioni

Inquinamento Zona B non fumatori

Dalle analisi effettuate risulta che è possibile mantenere la zona B, non fumatori, completamente esente dagli inquinanti del fumo di tabacco scelti come marcatori (che, anche se non specifici, nel caso esaminato erano esclusivamente originati da combustione di sigarette), applicando un sistema di ventilazione avente, per l'ambiente e le condizioni di esercizio (porta aperta ad intervalli) le seguenti caratteristiche:

Ambiente	N° persone	Aria immessa	Filtrazione	Aria estratta
Fumatori	11	~448 m³/ora	G3+F5 (M+A)	~800 m³/ora
		~200 m³/ora	trasferimento	
		~1200 m3/ora secondaria	Abbattitore	
Non fumatori	14	~530 m³/ora	no	no
Differenza di pressione tra Zona A e Zona B tra 3-5 Pascal misurati con porta chiusa				
Apertura porta ogni 3 minuti per 15" circa		nessuna contaminazione da ETS		

Con la porta completamente aperta permangono dei dubbi sull'assoluto isolamento della zona B in quanto si è notato un leggero aumento del **PM2,5** ma non del CO. Potrebbe essere casuale oppure provocato da turbolenze dovute al passaggio di persone dalla zona A alla zona B. Solamente nel caso di mancanza di tensione e di fermata dei ventilatori, anche se si spengono immediatamente le sigarette e si chiude la porta, che non è a tenuta, si evidenzia in breve, un notevole inquinamento sia da PM sia da CO. Il livello di questo inquinamento dipende dalla durata della mancanza di tensione e dalle altre misure prese per ridurlo (apertura finestre ecc.) e quindi non è quantificabile facilmente.

Livello di qualità dell'aria nella Zona A fumatori

La prova ha accertato, come era prevedibile, che il tasso di ventilazione d'aria esterna pari a 30 l/sec. per persona aggiuntiva, riduce le concentrazioni di inquinanti sia in fase gassosa sia in fase particolata, con conseguente riduzione del rischio per la salute rispetto al tasso di ventilazione tipico di questi ambienti secondo norma UNI 10339. Questo tasso di ventilazione permette di ottenere una concentrazione delle sostanze gassose prese come riferimento di poco superiore a quelle esterne (vedi tabella), mentre la concentrazione del particolato, come **PM2,5**, rimane di circa tre volte superiore a quella esterna. La notevole diminuzione del volume d'aria esterna, passata da 1600 circa ad 800 m /h (per ridurre

il costo di esercizio di riscaldamento/condizionamento) e la contemporanea inserzione del depuratore determina una considerevole diminuzione nelle concentrazioni del **PM_{2,5}**, quantificabile in circa il 60-70 %.

Questo fatto contribuisce considerevolmente ad una riduzione del rischio per la salute, anche se in nessun caso il **PM_{2,5}** è arrivato a livelli inferiori di 65 mg/m³ sulla media delle 8 ore (livello attualmente in vigore negli USA come media massima giornaliera).

Però, rispetto alla sola ventilazione di 30 l/sec per persona, come stabilito dalla recente legge, le componenti gassose misurate nelle condizioni appena descritte (UNI 10339) non essendo filtrate dal depuratore, presentano aumenti relativamente consistenti. Il CO è aumentato di circa il 60% mentre i BTX e la formaldeide sono quasi raddoppiate, anche se permangono al di sotto dei livelli di attenzione imposti per l'ambiente (vedi fig. 10).

Risulta così difficile stabilire se la diminuzione del particolato ed il contemporaneo aumento della parte gassosa che si verifica, comporti una diversa variazione nel livello di rischio per la salute rispetto all'aumento del particolato e la diminuzione delle sostanze gassose. La zona destinata ai fumatori, in conclusione, dev'essere oggetto di un'appropriata e oculata ventilazione e/o depurazione dell'aria interna.

L'odierna tecnologia è in grado di progettare e realizzare impianti di ventilazione/depurazione, i quali consentano di ridurre a concentrazioni quanto più basse possibili le sostanze nocive prodotte dal fumo di tabacco, senza avere costi energetici e impiantistici insostenibili e/o logisticamente irrealizzabili.

L'esperienza condotta lascia supporre inoltre che, nel caso in cui la migliore tecnologia, sia di ventilazione che di depurazione, fosse stata utilizzata, si sarebbe potuti arrivare a valori di qualità dell'aria molto più elevati.

Tale miglioramento della qualità dell'aria, riconducibile ad una riduzione di concentrazione degli inquinanti, equivale a una realizzabile riduzione di rischio (anche se non facilmente quantificabile) per la salute delle persone che in questi ambienti sono costretti a vivere e lavorare.

Inoltre, questo lavoro, ha messo in evidenza che non è sufficiente indicare solo e genericamente valori in "quantità" d'aria di ventilazione, ma è necessario fornire ulteriori e più approfondite indicazioni, quali la "qualità" e le "modalità" della ventilazione stessa.

Luigi Bontempi **Tecnica Bontempi snc** Presidente UNIDE

L'autore ringrazia l'associazione senza scopo di lucro U.N.I.D.E Unione Nazionale Industrie Depuratori Elettrostatici (**www.unide.org**) per la fattiva collaborazione dimostrata durante le giornate di studio, per le attrezzature e la strumentazione messa a disposizione e per i preziosi consigli che hanno reso possibile questo studio e in particolare:

Sig. Nardotto G. (*Expansion-Electronic srl*) (Coordinatore del GDL Prove di UNIDE), Sig. Vergani C. (*Deparia Engineering srl*) (vice presidente UNIDE), Sig. Griziotti L. (*Company-Line srl*) (segretario UNIDE), Sig. Ferrario P. (*Vortice elettrosociali spa*), Sig. Martini L. (*Artel spa*).

Un personale ringraziamento a:

Dott. R. Boffi e al dott. G. Invernizzi, per il loro impegno contro il fumo e per il loro autorevole parere medico.

Dott.ssa V. Fornasari e al sig. A. Ruprecht per le analisi condotte e il lavoro svolto.

Questo articolo, tratto dalla rivista tecnica R.C.I (Riscaldamento Climatizzazione Idronica) n°5 di maggio del 2004 edito da Tecniche Nuove, è stato revisionato dall'autore e adattato alla nuova terminologia e normativa europea EN13779.

Prassi di Riferimento: Ruolo della filtrazione negli impianti di climatizzazione e ventilazione – Metodi e accorgimenti per la rimozione del bioaerosol. ^(*)

*Testo che UNI ha attualmente messo in inchiesta pubblica finale

Le prassi di riferimento, adottate esclusivamente in ambito nazionale, rientrano fra i “prodotti della normazione europea”, come previsti dal Regolamento UE n.1025/2012, e sono documenti che introducono prescrizioni tecniche, elaborati sulla base di un rapido processo ristretto ai soli autori, sotto la conduzione operativa di UNI. Le prassi di riferimento sono disponibili per un periodo non superiore a 5 anni, tempo massimo dalla loro pubblicazione entro il quale possono essere trasformate in un documento normativo (UNI, UNI/TS, UNI/TR) oppure devono essere ritirate. Chiunque ritenesse, a seguito dell'applicazione della presente prassi di riferimento, di poter fornire suggerimenti per un suo miglioramento è pregato di inviare i propri contributi all'UNI, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, che li terrà in considerazione.

..ripropongo qui alcuni stralci di particolare interesse:

Introduzione

Il presente documento nasce a seguito della recente pandemia di SARS-COV-2 che, a partire dalla fine del 2019, ha pesantemente inciso su tutti gli aspetti della vita del Paese, tra cui anche le modalità di fruizione degli ambienti. Già prima della pandemia le persone trascorrevano circa l'80% del tempo in ambienti confinati. Le restrizioni dovute alla recente emergenza sanitaria, soprattutto le misure di lockdown adottate in numerosi Paesi, hanno ulteriormente incrementato questa percentuale. In questo scenario, la qualità dell'aria ha assunto una valenza ancora maggiore, dovendo garantire anche le necessarie condizioni di sicurezza per contribuire a ridurre il rischio di contagio soprattutto in quegli ambienti non residenziali, luoghi di aggregazione, come scuole, uffici, centri commerciali, cinema, teatri, palestre e musei, indispensabili per la nostra vita sociale, economica e culturale. Come ormai dimostrato da numerosi studi scientifici, la trasmissione del virus avviene non solo tramite contatto con superfici o oggetti contaminati o per contatto stretto con persone infette attraverso secrezioni della bocca e del naso, ma anche per via aerea. Il virus, infatti, può anche essere aero-trasportato dal normale aerosol presente nei luoghi chiusi e diffondersi in ambiente. In aggiunta alle misure di distanziamento, igiene e protezione personale, anche una corretta ventilazione consente di ridurre il rischio di contagio, attraverso la diluizione e la riduzione della concentrazione della carica virale eventualmente presente negli ambienti. La progettazione e la

gestione degli impianti di climatizzazione e ventilazione devono pertanto cercare di bilanciare esigenze diverse e tra loro contrastanti: quelle legate al risparmio energetico, che in questi ultimi anni sono state forse predominanti, con quelle della salubrità degli ambienti e della tutela della salute degli occupanti, che la recente pandemia ha ribadito essere fondamentali. In questo contesto, la filtrazione dell'aria assume un ruolo rilevante: sistemi di filtrazione correttamente progettati, installati e gestiti consentono di ridurre il numero di particelle presenti nell'aria che possono trasportare il virus e quindi limitare la necessità di aumentare eccessivamente le portate d'aria degli impianti di climatizzazione e ventilazione.

Scopo e campo di applicazione

La prassi di riferimento illustra il comportamento dei contaminanti aerotrasportati, e definisce le strategie per l'impiego dei sistemi di filtrazione dell'aria negli impianti HVAC per ridurre la presenza in aria di bioaerosol. Il documento fornisce indicazioni sui principi di filtrazione dell'aria, sulle tipologie di filtri disponibili e sulle relative modalità di selezione, utilizzo e manutenzione.

Aerosol e bioaerosol

L'aria che tutti i giorni respiriamo contiene normalmente quantità variabili di impurità derivanti da processi naturali e antropici. Tali impurità sono normalmente definite come contaminanti, i quali possono essere suddivisi in funzione della loro natura fisica e chimica. Per cui si può parlare: di particolato quando il contaminante è solido o liquido; di aeriforme quando è sotto forma di gas o vapore. La miscela di aria e particolato è comunemente chiamata aerosol e, se le sostanze in essa contenute sono composte da agenti microbici, possono essere definite "bioaerosol". La componente solida del bioaerosol è normalmente composta da frammenti vegetali e cellulari, batteri, funghi, virus, parassiti, spore, mentre quella aeriforme è composta da sottoprodotti del metabolismo microbico. Il bioaerosol presente negli ambienti indoor può provenire da fonti esterne o dalla diffusione e accumulo di materia biologica proveniente dalla presenza di occupanti (uomo, animali, piante), dalla polvere (ottimo ricettacolo per i microrganismi), dalle strutture e dai servizi degli edifici [27]. Infatti, immaginando gli ambienti indoor come luogo principale per lo svolgimento delle attuali attività umane, si intuisce come la maggior parte degli agenti patogeni possa essere emesso parlando, tossendo e starnutendo. Il bioaerosol può anche avere un'origine interna legata al suo insediamento e sviluppo su superfici idonee. Qualsiasi substrato che comprenda fonti di nutrienti (carbonio ed acqua) come per es. cellulosa, lignina, plastica, ecc. potrebbe fungere da substrato di crescita di bioaerosol. Requisiti necessari sono l'umidità e la temperatura. Il bioaerosol cresce sul sottile strato di umidità che si deposita sulle superfici. I principali agenti biologici che possono essere presenti nel bioaerosol sono:

- I batteri, trasmessi dalle persone e dagli animali ma presenti anche in luoghi con condizioni di temperatura e umidità che ne favoriscono la crescita;
- I virus, trasmessi dalle persone e dagli animali infettati; • I pollini delle piante, provenienti soprattutto dall'ambiente esterno;
- Funghi e muffe che si formano all'interno dei luoghi confinati per problemi d'umidità o che possono penetrare dagli ambienti esterni;
- Gli acari, considerati tra le principali cause di allergia ed asma poiché, tramite le loro feci, producono dei potenti allergeni facilmente inalabili;
- Gli allergeni degli animali domestici rilasciati principalmente dalla saliva, forfora e urina che, una volta essiccati e frammentati, rimangono sospesi nell'aria.

La principale fonte è costituita dagli animali con pelliccia (cani, gatti, roditori, etc.), ma anche da uccelli, scarafaggi e insetti. Di solito la trasmissione avviene per via aerea quindi il bioaerosol entra nel corpo attraverso l'inalazione. L'aspetto dimensionale riveste un fattore determinante nella viabilità degli agenti patogeni e della loro capacità di penetrare nell'apparato respiratorio umano. Le dimensioni delle particelle microbiologiche presenti nel bioaerosol hanno generalmente un diametro aerodinamico (da) inferiore a 100 μm , di cui la frazione toracica ha dimensioni inferiori e uguali a 10 μm , mentre quella respirabile ha dimensioni inferiori e uguali a 2,5 μm . Una volta inalati, i bioaerosol sono associati a un'ampia gamma di effetti negativi sulla salute (ad es. malattie infettive, allergie, asma, cancro e tossicità acuta).

Filtrazione dell'aria da particolato

Principi di filtrazione meccanica

La filtrazione costituisce uno strumento indispensabile per contenere la concentrazione di particolato al di sotto di soglie massime ammissibili. Ecco perché i sistemi di filtrazione trovano impiego nella ventilazione e nella climatizzazione dell'aria per applicazioni civili, industriali e negli ambienti a contaminazione controllata (camere bianche, sale operatorie, terapie intensive). I filtri di tipo meccanico rimuovono il particolato dall'aria, catturandolo e trattenendolo sulle fibre che costituiscono il materiale filtrante. Le fibre che compongono il materiale filtrante possono essere di natura organica (fibre sintetiche) oppure inorganica (fibre e microfibre di vetro). I meccanismi di cattura alla base del funzionamento di un filtro meccanico sono:

- Effetto setaccio;
- Effetto inerziale;

- Intercettazione diretta;
- Diffusione;
- Attrazione elettrostatica

Il principio dei filtri elettrostatici attivi a piastra

Un filtro elettrostatico attivo a piastre è in grado di trattenere le particelle in sospensione nel flusso d'aria che lo attraversa, grazie all'azione di uno o più campi elettrostatici in serie tra loro, che si vengono a formare tra elettrodi metallici o di altro materiale elettroconduttivo, per mezzo di una o più differenze di potenziale di valore elevato, applicate tramite un generatore di alta tensione (UNI 11254).

Il particolato contenuto nell'aria che transita nel filtro è sottoposto, in una prima fase, all'azione del campo elettrico di ionizzazione (polarizzazione), generato da un elettrodo alimentato ad alta tensione e bassa intensità, posto tra due piastre collegate a massa. In questo campo, le cariche elettriche, migrando dall'elettrodo alle superfici a massa, urtano le particelle veicolate dall'aria trasferendo a loro la carica stessa. Nella seconda fase (filtro bistadio), le particelle contenute nell'aria ora caricate, vengono sottoposte all'azione di un intenso campo elettrico che per l'azione combinata delle forze d'attrazione e di repulsione le fa deviare verso le lamine a massa dove vengono trattenute per coesione molecolare.

Filtrazione del bioaerosol

Indipendentemente dalla viabilità dell'aerosol, i filtri trattengono il particolato in funzione delle caratteristiche fluidodinamiche e dimensionali degli elementi in gioco. Per cui, per valutare l'idoneità degli elementi filtranti nel rimuovere il bioaerosol è necessario valutare la curva di efficienza del filtro in funzione del diametro delle particelle. I filtri impiegati nella ventilazione generale, per poter essere classificati, sono testati per la misura di efficienza attraverso l'impiego di aerosol sintetico con diametro ottico compreso tra 0,3 e 10 μm . I filtri dedicati al controllo della contaminazione in applicazioni specifiche come, per esempio, nei settori farmaceutico ed ospedaliero, sono classificati attraverso la misura dell'efficienza della particella MPPS. I dati delle prove sono riassunti in rapporti di prova, i quali contengono anche i valori di efficienza in funzione di un intervallo dimensionale delle particelle. Con buona approssimazione, questa curva di efficienza può essere impiegata per stimare l'effetto dei filtri nella riduzione del contaminante aerosospeso presente nell'aria trattata dall'impianto aerulico.

Efficienza dei filtri nei diversi intervalli dimensionali delle particelle

Efficienze di filtrazione tipiche (penetrazione)						
Classe dei filtri	Intervallo dimensionale delle particelle (diametro ottico, μm)					
	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,5	0,5-1,0	1,0-2,5	2,5-10
H13	$\geq 99,95\%$ ($\leq 0,05\%$)	$99,97\% \div 99,99\%$ ($0,03\% \div 0,01\%$)	$99,97\% \div 100\%$ ($0,03\% \div 0,0\%$)	100% ($0,0\%$)	100% ($0,0\%$)	100% ($0,0\%$)
E12	$\geq 99,5\%$ ($\leq 0,5\%$)	$99,5\% \div 99,7\%$ ($0,5\% \div 0,3\%$)	$99,7\% \div 99,9\%$ ($0,3\% \div 0,1\%$)	$99,9\% \div 100\%$ ($0,1\% \div 0\%$)	100% ($0,0\%$)	100% ($0,0\%$)
E11	$\geq 95,0\%$ ($\leq 5\%$)	$95\% \div 98\%$ ($5\% \div 2\%$)	$98\% \div 99\%$ ($2\% \div 1\%$)	$99\% \div 100\%$ ($1\% \div 0\%$)	100% ($0,0\%$)	100% ($0,0\%$)
E10	$\geq 85,0\%$ ($\leq 15\%$)	$85\% \div 90\%$ ($5\% \div 10\%$)	$90\% \div 95\%$ ($10\% \div 5\%$)	$95\% \div 98\%$ ($5\% \div 2\%$)	$98\% \div 100\%$ ($2\% \div 0\%$)	100% ($0,0\%$)
ePm₁ 85%	n. m.	n. m.	$85\% \div 90\%$ ($15\% \div 10\%$)	$90\% \div 95\%$ ($10\% \div 5\%$)	$95\% \div 100\%$ ($5\% \div 0\%$)	$\geq 99\%$ ($\leq 5\%$)
ePm₁ 70%	n. m.	n. m.	$60\% \div 70\%$ ($40\% \div 30\%$)	$70\% \div 85\%$ ($30\% \div 15\%$)	$85\% \div 100\%$ ($15\% \div 0\%$)	$\geq 98\%$ ($\leq 5\%$)
ePm₁ 55%	n. m.	n. m.	$40\% \div 50\%$ ($60\% \div 50\%$)	$50\% \div 75\%$ ($50\% \div 25\%$)	$75\% \div 95\%$ ($25\% \div 5\%$)	$\geq 95\%$ ($\leq 5\%$)
ePm_{2,5} 55%	n. m.	n. m.	$30\% \div 40\%$ ($70\% \div 60\%$)	$40\% \div 60\%$ ($60\% \div 40\%$)	$60\% \div 90\%$ ($40\% \div 10\%$)	$\geq 90\%$ ($\leq 10\%$)

In teoria, avendo a disposizione le curve caratteristiche di efficienza degli elementi filtranti e la distribuzione dimensionale dell'aerosol, sarebbe possibile calcolare l'effettiva capacità di rimozione del bioaerosol per differenti dimensioni. In questo modo sarebbe possibile stimare il rischio di contaminazione associato alla concentrazione di microrganismi patogeni aerotrasportati presenti in un ambiente in funzione della loro dimensione e carica virale.

Purtroppo, tali informazioni non sono sempre note, per cui è necessario adottare un metodo più semplice per poter generalizzare e semplificare il legame tra dimensioni dell'aerosol ed efficienza del filtro. Tale semplificazione si può basare sulle seguenti considerazioni:

- L'aerosol prodotto mediante processi di espirazione umana ha una distribuzione tri-modale in cui il picco delle particelle più piccole è compreso tra 0,7 e 1 μm e l'intervallo dimensionale delle distribuzioni normali è compreso tra 0,1 e 10 μm . Vi è un'ulteriore distribuzione normale con moda di circa 100 μm e intervallo della distribuzione compreso tra 10 μm e 1000 μm . Una frazione notevole di queste con diametro superiore a 50 μm può essere esclusa poiché sedimentano velocemente senza poter cambiare dimensione, così come una parte delle particelle superiori a 10 μm perché non respirabili.
- Le maschere facciali coperte dalla normativa sui DPI (UNI EN 149, UNI EN 13274-7) sono scelte

per offrire un elemento di protezione nei confronti del bioaerosol in ambito professionale e non. L'efficienza di tali dispositivi è misurata mediante l'uso di un aerosol di prova che ha un diametro medio in numero compreso tra 0,29 µm e 0,45 µm simile a quello impiegato per testare molti dei materiali filtranti utilizzati per la costruzione di filtri per la ventilazione generale (UNI EN ISO 16890-1) e per applicazioni speciali (UNI EN 1822-1).

- Quando si effettuano dei campionamenti in ambienti dove è necessario ridurre il più possibile il rischio di contaminazione microbiologica, le particelle che sono monitorate hanno diametri $\geq$ di 0,3 µm, 0,5 µm e 5 µm. Tale aspetto è soprattutto evidente quando è necessario monitorare e classificare gli ambienti in ambito ospedaliero e farmaceutico in accordo alla UNI EN ISO 14644-1. Per valutare la rimozione del bioaerosol da parte degli elementi filtranti impiegati nella ventilazione generale si assume, in un'ottica conservativa, un intervallo dimensionale compreso tra 0,3 e 0,5 µm. Tale intervallo dimensionale è rappresentativo del bioaerosol, generato dagli occupanti, in grado di rimanere sospeso nell'ambiente e nell'impianto per parecchie ore.

Da quanto sopra esposto, per ottenere un abbattimento significativo del bioaerosol è necessario l'impiego di un sistema di filtrazione che abbia una efficienza minima ePM1 85%. Tale affermazione deve poi essere valutata in virtù di parametri quali:

1. L'effettiva portata d'aria utile al controllo della concentrazione di contaminante in prossimità degli occupanti;
2. La presenza di perdite per bypass attraverso il filtro o i sistemi di alloggiamento.

Installazione, manutenzione e sostituzione degli elementi filtranti

Gli impianti di climatizzazione e ventilazione non assolvono solo a funzioni legate al mantenere un determinato benessere termico-ambientale, ma anche a garantire una qualità dell'aria interna in linea con le disposizioni legislative di salubrità a tutela degli occupanti.

È frequente il caso in cui i problemi di manutenzione derivino da errori progettuali e diviene dunque molto problematico, se non addirittura impossibile, intervenire sui sistemi aeraulici già installati. Per questi motivi, ai fini di una buona manutenzione, occorre progettare, costruire ed installare i sistemi aeraulici tenendo sempre presenti le esigenze manutentive.

Negli impianti più critici, i sistemi di filtrazione sono fondamentali non solo per lo svolgimento di processi industriali specifici come nella farmaceutica delle biotecnologie e dell'elettronica, ma anche per poter svolgere attività nel settore ospedaliero dove la filtrazione trova ampio utilizzo nei blocchi operatori, nelle degenze speciali e nei laboratori. Ne consegue che l'elemento filtrante unito al suo sistema e integrato in qualsiasi impianto aeraulico è un elemento indispensabile e

di sicurezza. Come tale è necessario che questo sia installato, mantenuto e sostituito al fine di garantire l'operatività e la sicurezza dell'impianto, evitando in qualsiasi modo che lo stesso filtro possa diventare un elemento di rischio. Il contaminante trattenuto dal filtro, comunemente definito "sporco", non deve in alcun modo essere fonte di contaminazione all'interno dell'impianto.

Gli impianti devono essere mantenuti igienicamente salubri a tutela degli occupanti in accordo alle specifiche indicate nei manuali di uso e manutenzione. Alle informazioni presenti in questi documenti devono poi essere associate le prescrizioni fornite da documenti specifici come le procedure operative e le linee guida riportati negli accordi della Conferenza permanente per i rapporti tra lo stato le regioni e le province autonome di Trento e Bolzano e le indicazioni contenute nelle norme tecniche.

Per gli impianti di cui si sospetta la possibile contaminazione da bioaerosol patogeno non è necessario sospendere la manutenzione ordinaria, compresa anche la sostituzione dei filtri, ma devono essere adottate le opportune precauzioni di sicurezza anche ai fini igienici. Gli intervalli di sostituzione possono essere valutati anche in funzione delle perdite di carico del filtro utilizzato e dalla tipologia e dalla quantità del materiale trattenuto valutato con apposite e regolari ispezioni.

L'ISS definisce la probabilità di contaminazione dei componenti d'impianto; nel caso degli elementi filtranti è necessario valutare la loro posizione all'interno del sistema. La distinzione si basa essenzialmente sulla probabilità che il filtro abbia elaborato aria potenzialmente contaminata per cui se il filtro avesse elaborato esclusivamente aria esterna, il rischio associato alla contaminazione sarebbe basso, mentre aumenterebbe per i filtri che elaborano aria locale o ripresa dai locali che poi viene ricircolata ed espulsa.

In linea generale, è necessario pianificare le sostituzioni dei filtri che trattano aria esterna per garantire la quantità prevista, soprattutto se la quota parte di aria di ricircolo sia stata esclusa. In sostanza per tutti i filtri si deve porre l'attenzione al valore di perdita di carico affinché siano mantenute le massime portate d'aria utili a diluire il contaminante generato negli ambienti interni.

Procedura d'installazione e sostituzione

I filtri dell'aria con media filtrante poroso utilizzati negli impianti devono essere sostituiti e mai lavati e riutilizzati. Fanno eccezione a questo i filtri elettrostatici attivi a piastra, progettati e costruiti per questo scopo, ma che vanno regolarmente e correttamente lavati e disinfettati. I tempi per procedere alla loro sostituzione/lavaggio variano a seconda della tipologia d'impiego, agli inquinanti presenti a monte, alle prescrizioni e modalità d'uso consigliate dal produttore.

La manutenzione dei filtri con media meccanico, fatta principalmente con la loro sostituzione e smaltimento, deve essere effettuata da personale formato e qualificato a questo scopo.

Si possono indicare per fasi, le seguenti operazioni:

- A. Acquisizione di ogni ed eventuale documentazione riferita alla gestione manutentiva dell'impianto che comprenda l'installazione e le caratteristiche delle sezioni filtranti dell'impianto in analisi;
- B. Pianificazione dell'attività di verifica dello stato di fatto e dell'efficienza degli apparati filtranti presenti;
- C. Dotazione di idonei DPI al personale operativo e tecnico, con elementi minimi che non possono escludersi, quali:
 - Scarpe antiscivolo;
 - Tuta di idonea protezione in Tyvek;
 - Protezione delle vie respiratorie con idonei dispositivi filtranti, facciali o semimaschere;
 - Guanti idonei per il rischio meccanico e biologico;
 - Occhiali per la protezione degli occhi .
- D. Misure di contenimento del sito da ispezionare nel caso fosse necessario, tramite copertura con teli in polietilene della zona circostante onde evitare fenomeni di contaminazione non voluta;
- E. Spegnimento di ogni dispositivo di movimentazione dell'aria interessato e apertura dei vani alloggiamento degli apparati filtranti;
- F. Disinfezione attraverso la nebulizzazione delle superfici interessate con soluzione disinfettante;
- G. Asportazione dagli alloggiamenti, dei singoli apparati filtranti, e collocazione in doppio contenitore in materiale plastico con chiusura dei contenitori per il seguente processo di smaltimento;
- H. Pulizia superficiale di residui di particolato presente sui telai di alloggiamento degli apparati filtranti, attraverso aspiratori dotati di filtro assoluti;
- I. Disinfezione dei telai di alloggiamento ripuliti;
- J. Collocazione degli apparati filtranti nuovi, in sostituzione di quelli esausti ;
- K. Chiusura dei vani di accesso, e verifica della tenuta delle aperture del vano ospitante gli apparati filtranti;
- L. Rimozione degli eventuali teli di protezione della zona di intervento, collocazione in doppio contenitore in materiale plastico e chiusura per seguente processo di smaltimento;
- M. Compilazione delle opportune schede di manutenzione della macchina indicando data, marca e modelli dei filtri installati e se possibile rilevare la pressione differenziale del filtro pulito.

APPENDICE A (informativa)

Normativa di riferimento per la determinazione dell'efficienza di filtrazione e la classificazione dei filtri. Filtri per ventilazione generale.

Nel 2016 è entrata in vigore la norma UNI EN ISO 16890 per i filtri per ventilazione generale, che sostituisce in Europa la UNI EN 779:2012, ritirata a metà 2018. Si tratta di uno standard internazionale, destinato a fornire un metodo di prova e classificazione comune sia ai Paesi del vecchio continente che a quelli d'oltreoceano anche se negli U.S.A. la ANSI/ASHRAE 52.2-2012 è tuttora in vigore. La UNI EN 779, nonostante gli ultimi aggiornamenti della versione 2012, portava l'utente a sovrastimare l'efficacia del filtro, fondamentalmente a causa di una simulazione di invecchiamento basata su conoscenze di oltre trent'anni fa (l'idea dell'intasamento e invecchiamento con polvere sintetica era ancora quella dell'ASHRAE 52.1 dei primi anni 90 del secolo scorso). Si consideri anche che per la determinazione della efficienza media la norma prevedeva di raggiungere una perdita di carico finale di 450 Pa che non ha riscontro con le perdite di carico normalmente raggiunte in condizioni operative. Per la valutazione dell'efficienza di rimozione dei contaminanti, la UNI EN ISO 16890 propone un approccio completamente diverso rispetto alle norme precedenti. Essa nasce con l'obiettivo principale di fornire all'utilizzatore informazioni attendibili, ovvero ridurre il divario tra le prestazioni del filtro misurate in laboratorio e quelle realmente fornite in sito. Innanzitutto per la classificazione dei filtri si prende in considerazione solo la loro efficienza iniziale. Altra novità della UNI EN ISO 16890 è quella di misurare l'efficienza dei filtri rispetto a un inquinante ormai diffusamente adottato, anche nel comune linguaggio quotidiano: il particolato presente in atmosfera nelle sue varianti PM10, PM2,5 e PM1 definite nella tabella sotto.

Classi di PM (particulate matter)	
Frazione	Diametro aerodinamico
PM ₁₀	≤ 10 μm
PM _{2,5}	≤ 2,5 μm
PM ₁	≤ 1 μm

Come sostenuto dalle principali Organizzazioni per la Sanità, sono molte ormai le evidenze scientifiche che negli ultimi decenni hanno dimostrato una correlazione tra le principali patologie respiratorie e la concentrazione di particolato in sospensione nell'aria. Per questo motivo le polveri fini di cui, purtroppo, spesso sentiamo parlare, sono monitorate dalle centraline di campionamento in tutto il mondo. Questo permette di valutare l'utilizzo dei filtri più adatti in funzione della reale contaminazione del luogo e del livello di PM desiderato in ambiente. A titolo di esempio, se si vo-

lesse in ambiente un livello di PM_{2,5} di 10 µg/m³ a fronte di un inquinamento esterno di 20 µg/m³ servirebbe un filtro con efficienza 50% rispetto al PM_{2,5} (ePM_{2,5}), se l'inquinamento esterno fosse di 50 µg/m³ servirebbe un filtro con efficienza 80%. La distribuzione dimensionale del particolato, come si è visto in precedenza, dipende fortemente da leggi fisiche che governano il comportamento delle particelle in atmosfera, ne consegue che in aree diverse ma con caratteristiche simili (aree rurali, urbane, deserti, ecc.) la forma della distribuzione resta praticamente costante pur con concentrazioni più o meno alte. Questo ha permesso di costruire due distribuzioni di riferimento normalizzate, una per le aree rurali e l'altra per le aree urbane, che sono il cardine della UNI EN ISO 16890, fondata sul confronto della distribuzione del particolato a monte e a valle di un filtro.

Nota: Nella definizione delle distribuzioni la UNI EN ISO 16890 ritiene trascurabile la differenza tra diametri equivalenti ottici e aerodinamici.

La norma prevede 3 gruppi di efficienza: da 0,3 a 1 µm (ISO ePM₁), da 0,3 a 2,5 µm (ISO ePM_{2,5}) e da 0,3 a 10 µm (ISO ePM₁₀). In funzione della capacità di cattura delle particelle più o meno fini, ogni filtro potrà appartenere ad uno dei 3 gruppi definiti sopra. Ad esempio: se su un'etichetta leggessimo ePM_{2,5} – 65%, significherebbe che il filtro apparterrebbe al 2° gruppo (ISO ePM_{2,5}) e che almeno il 65% delle particelle in transito aventi grandezza fino a 2,5 micron sarebbero catturate. Naturalmente ciò significherebbe anche che più del 65% delle particelle in transito aventi grandezza fino a 10 micron sarebbero catturate. Per filtri con efficienza inferiore al 50% nell'intervallo da 0,3 a 10 µm si è introdotto il gruppo ISO Coarse per il quale è definita l'efficienza gravimetrica (arrestanza) iniziale con l'uso di una polvere di prova standard.

I gruppi dei filtri

Designazione del gruppo	ePM ₁ , min	ePM _{2,5} , min	ePM ₁₀ , min	Valore della classe dichiarato
ISO Coarse	—	—	< 50%	Efficienza gravimetrica iniziale
ISO ePM ₁₀	—	—	≥ 50 %	ePM ₁₀
ISO ePM _{2,5}	—	≥ 50 %	—	ePM _{2,5}
ISO ePM ₁	≥ 50 %	—	—	ePM ₁

Filtri elettronici a piastre attive

I filtri elettronici a piastre attive sono classificabili in base alla UNI 11254. Secondo tale normativa tali filtri possono essere a uno o a più stadi (mono o poli-tensione). Sono ammessi dalla norma i media filtranti caricati attivamente (cioè che necessitano di una apposita regolazione e alimentazione elettronica); non sono invece ammessi filtri in fibra pre-caricata (elettrete) o dotati di carica elettrostatica passiva. Le procedure descritte nella UNI 11254 sono state sviluppate allo scopo di valutare le prestazioni di filtri per aria elettrostatici adatti per essere inseriti all'interno di condotte di ventilazione, macchine ventilanti in genere, terminali e diffusori, oppure in depuratori d'aria da installazione, moduli filtranti ecc. Il metodo è molto simile alla precedente UNI EN 779 in cui il dispositivo è valutato mediante l'efficienza media di filtrazione per particelle del diametro di $0,4\text{ }\mu\text{m}$ di DiEthylHexylSebacate (DEHS).

In base alla particolare efficienza dei filtri elettrostatici, è stabilito un valore limite minimo di efficienza iniziale pari all'80% per poter accedere alla classificazione. Sono stabilite 4 classi di efficienza, A, B, C e D come riportato nella figura sotto.

Classi di efficienza dei filtri elettronici a piastre attive secondo UNI 11254

$\Delta p < 30\text{ Pa}$	$\Delta p \geq 30\text{ Pa}$	Efficienza media (E_m) per particelle con diametro di $0,4\text{ }\mu\text{m}$ %
D-PE	D-EM	$80 \leq E_m < 90$
C-PE	C-EM	$90 \leq E_m < 95$
B-PE	B-EM	$95 \leq E_m < 99$
A-PE	A-EM	$E_m \geq 99$

I diversi filtri sono classificati anche in base alla caduta di pressione iniziale (deve essere possibile distinguere tra filtri elettrostatici "puri", cioè dotati di piastre di raccolta contrapposte, piane e non, e filtri dotati di media con carica elettrostatica attiva o di tipo misto). Per questo motivo sono stabiliti due criteri di classificazione in base alla caduta di pressione iniziale: PE, caratterizzato da perdite di carico $\leq 30\text{ Pa}$; EM, caratterizzato da perdite di carico $\geq 30\text{ Pa}$. Il valore di caduta di pressione deve essere rilevato alla portata nominale dichiarata dal costruttore e alla fine dello sporcamento artificiale. L'efficienza media, valida per la classificazione, viene calcolata attraverso la media dei singoli valori di efficienza misurati prima e durante l'intasamento con polvere sintetica ISO Fine. L'intasamento prevede 4 incrementi di polvere fino al raggiungimento di 600 grammi.

N.B.: N.D.R. i filtri elettrostatici a piastra sopra descritti, possono essere testati e classificati anche secondo la norma ISO EN UNI 16890 descritta in precedenza, fatto salvo il valore di efficienza minima dopo la scarica in quanto risulta inutile con questa tipologia di filtro.

Altri dispositivi attivi di disinfezione a supporto della filtrazione dell'aria

Generalità

Così come documentato a livello internazionale da ASHRAE (Pubblicazione: "Position Document on Filtration and Air Cleaning"), accanto all'azione filtrante di tipo meccanico e/o elettronico a piastre classificabile secondo la UNI EN ISO 16890, esistono tutta una serie di dispositivi di disinfezione dell'aria che se scelti e dimensionati correttamente, possono assumere una valenza anche rilevante proprio in abbinamento ai classici filtri meccanici o elettronici a piastra, nell'abbattimento della carica patogena, eventualmente presente nel flusso d'aria o che si viene a depositare sui filtri stessi per effetto di trattenimento esercitato dal filtro stesso sulle polveri ed il particolato in genere.

Tali dispositivi di disinfezione dell'aria, installabili all'interno delle UTA, in ambienti utilizzati dalle persone, ascensori, spogliatoi e più in generale a corredo degli impianti di ventilazione e climatizzazione, possono avere un impatto non trascurabile nella minimizzazione del rischio da contagio da bioaerosol patogeno, riducendo le cariche batteriche e virali che talvolta possono essere trattenute dai filtri meccanici e/o elettronici, presenti negli impianti aeraulici e/o negli ambienti trattati.

Tali apparecchiature, sono in larga diffusione da almeno 5-10 anni e con la pandemia da Covid-19 hanno visto, nel 2020, un ampliamento esponenziale della loro adozione in quanto risultano essere complementari all'azione dei filtri meccanici o dei filtri elettronici a piastre nel contrasto al coronavirus (SARS-CoV-2).

Essendo quello dei dispositivi di disinfezione per gli impianti aeraulici un campo non ancora completamente normato, è raccomandato valutare soltanto l'utilizzo di dispositivi testati e verificati da enti terzi abilitati e certificati. Pertanto, valgono tutte le considerazioni inserite nel DPCM del 26/07/2022.

CARISMA CRC

ventilconvettore residenziale con filtro elettronico Crystall



SKYSAFE

purificatore d'aria dotato di filtro elettronico Crystall 50



SKYSTAR

soluzioni per grandi superfici con filtro elettronico Crystall



CARISMA WHISPER

ventilconvettore residenziale con filtro elettronico Crystall





Dalle persone,
per le persone.

Sabiana,
il clima amico.



A company of Arbonia Group
ARBONIA 

Seguici su



Sabiana app



SABIANA SpA

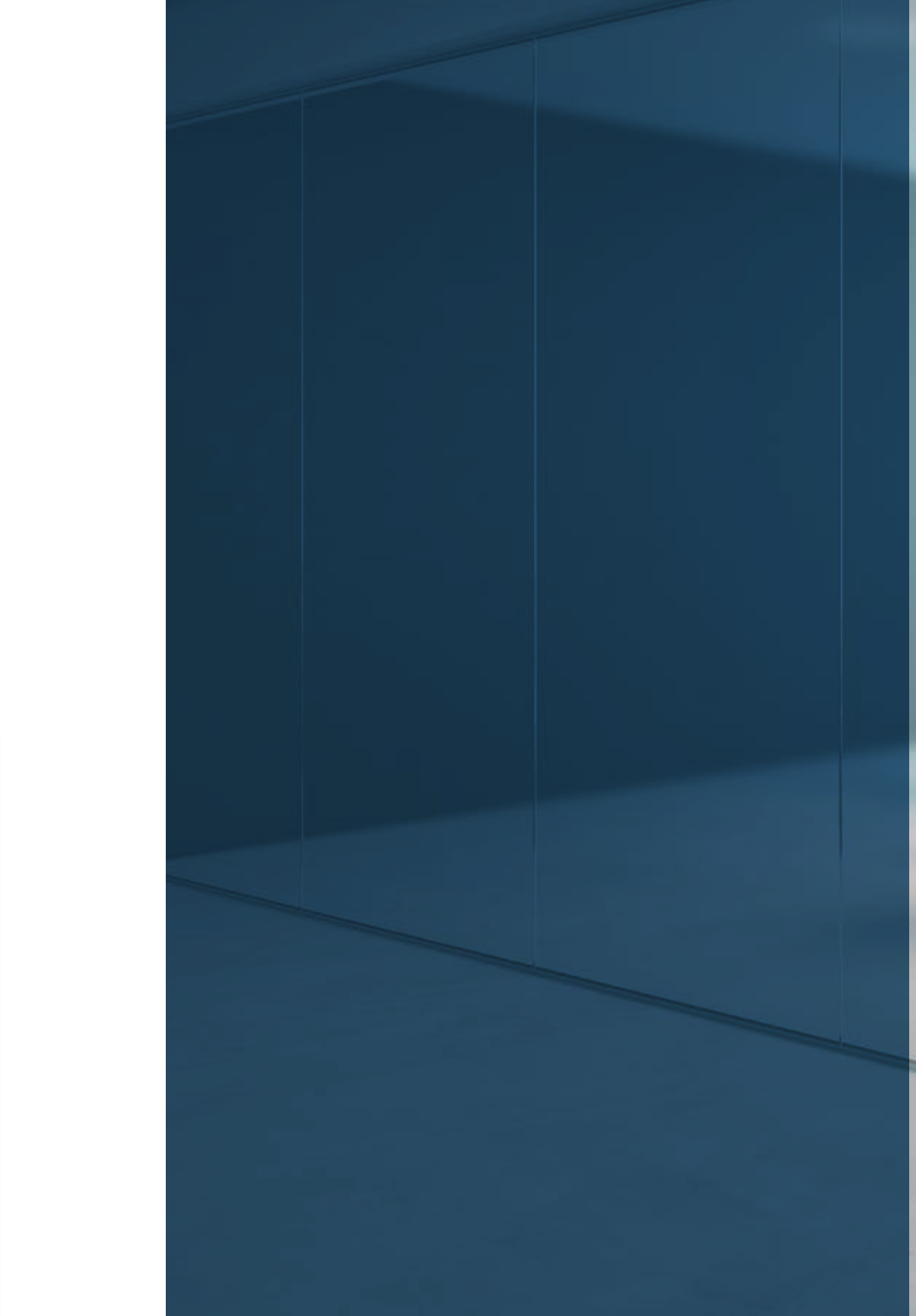
Società a socio unico

Via Piave 53 - 20011 Corbetta (MI) Italia

T. +39 02 97203 1 r.a. • F. +39 02 9777282

info@sabiana.it

[**www.sabiana.it**](http://www.sabiana.it)





Luigi Bontempi è titolare di Tecnica Bontempi snc, società di progettazione e consulenza tecnica che svolge la sua attività in collaborazione con le più importanti industrie italiane della climatizzazione e della ventilazione.

È consulente tecnico su tematiche relative alla "indoor air quality" e alle normative ad esse legate (IAQ) e progettista di sistemi di abbattimento e confinamento

degli inquinanti aerodispersi in ambito civile e terziario, nonché titolare di alcuni brevetti industriali in merito a speciali media filtranti l'aria.

Docente incaricato da Sabiana spa in seminari tecnici rivolti a progettisti operanti nel settore della termoventilazione sul tema "indoor air quality" su aspetti normativi ed impiantistici, è autore di numerosi articoli tecnici in tema di qualità dell'aria, tecnologie di abbattimento e confinamento degli inquinanti pubblicati da riviste tecniche e scientifiche di settore, tra le quali "RCI", "Installatore Italiano", "CDA". Inoltre, è co-autore di alcune ricerche e pubblicazioni scientifiche sullo stesso tema.

Collabora con il "Dipartimento di fisica e ingegneria dei materiali e del territorio" all'Università di Ancona, in riferimento alla ricerca applicata con relazione all'utilizzo di sistemi elettronici di pulizia dell'aria e alla loro fattiva riduzione della carica batterica aerodispersa e all'effetto biocida su quella depositata sulle superfici aerauliche degli impianti di ventilazione.

È stato collaboratore e consulente tecnico esterno dell'Istituto Nazionale dei Tumori di Milano, in particolare con la "Unità operativa prevenzione danni da fumo" nel supporto tecnico inerente gli impianti di ventilazione chiamati a ridurre il rischio sanitario insito nella presenza nell'ambiente confinato, delle sostanze inquinanti prodotte dalla combustione di prodotti del tabacco.

- Già membro del "Gruppo Tecnologico della CTS Indoor" del Dipartimento della prevenzione del Ministero della Sanità.
- C.T.I. "Comitato termotecnico Italiano" come membro del SC05 "Condizionamento dell'aria, ventilazione e refrigerazione"
- CT 241 - Impianti di climatizzazione: Progettazione, installazione, collaudo e prestazioni UNI TS 11300-3
- (rev. UNI 10339, UNI 11541, UNI 11425, UNI/TS 11300-3)
- CT 242 - Materiali, componenti e sistemi per la depurazione e la filtrazione di aria, fumi e gas"
- (EN UNI 16890, UNI 11254, EN UNI 1822)