

QUALITA' DELL'ARIA

La composizione normale dell'aria negli ambienti confinati può essere alterata dalla presenza di sostanze diverse, alcune delle quali emettono odori, altre hanno effetti irritanti, altre ancora possono essere causa di gravi malattie. Queste sostanze vengono comunemente chiamate "inquinanti" o "contaminanti". Maggiore è la quantità di inquinanti, peggiore è la qualità dell'aria, ovvero, secondo un ricorrente inglesismo, l'IAQ (da "Indoor Air Quality"); poiché ogni inquinante ha sulle persone un effetto diverso sia come entità che come tipo, non è facile fornire una definizione rigorosa di "qualità dell'aria", né indicarne esattamente la soglia di accettabilità.

Per gli ambienti interni non industriali si può tuttavia adottare la definizione data dall'American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) nello standard 62 del 1989:

“La qualità dell'aria interna è considerata accettabile quando in essa non sono presenti inquinanti in concentrazioni dannose, secondo quanto stabilito dalle autorità competenti, e quando una notevole percentuale di persone (80% o più) non esprime insoddisfazione verso di essa”.

E' importante osservare che la definizione comprende sia dei criteri oggettivi (la concentrazione dei potenziali inquinanti) che soggettivi (il grado di "insoddisfazione" delle persone). Ciò significa che, oltre al rischio sanitario inerente all'esposizione continuata ad ambiente insalubre, esiste un aspetto qualitativo legato soprattutto alla percezione olfattiva, che può rendere l'aria più o meno gradevole, pur senza implicazioni di carattere sanitario.

Il problema della qualità dell'aria interna è divenuto di attualità in questi ultimi anni per una serie di ragioni:

- il tempo trascorso all'interno degli ambienti confinati raggiunge ormai dal 76% al 90% del totale (Tab.1);
- cresce l'inquinamento dell'aria esterna e con esso quello dell'aria interna;
- si impiegano nuovi materiali per la costruzione degli edifici e per gli arredi e apparecchiature (fotocopiatrici, stampanti, ecc.) che emettono sostanze inquinanti;
- vengono impiegati, soprattutto in Italia, serramenti di qualità sempre migliore che riducono il ricambio naturale di aria.

Tabella 2 Tempo trascorso all'interno e all'esterno degli edifici

<i>Indagine</i>	<i>% del tempo trascorso in CASA</i>	<i>% del tempo trascorso in ALTRO AMBIENTE CHIUSO</i>	<i>% del tempo trascorso su MEZZI DI TRASPORTO</i>	<i>% del tempo trascorso all'APERTO</i>
EPA-USA ⁽¹⁾	60	30	5	5
ISS/ANPA-Italia ⁽²⁾	53-64	13-28	-	17-24

⁽¹⁾ Environmental Protection Agency

⁽²⁾ Istituto Superiore di sanità / Agenzia Nazionale Protezione ambiente

Fonti, livelli ed effetti dell'inquinamento interno negli edifici civili

Rientrano in questa classe gli edifici di abitazione, alberghi, uffici, ecc.

Gli inquinanti interni possono essere classificati secondo diverse categorie:

- la fonte
- il tipo
- gli effetti igienico-sanitari

Fonti

La prima causa di inquinamento dell'aria interna è l'aria esterna stessa che penetra all'interno attraverso le fessure, le finestre aperte o i condotti di ventilazione con il suo carico inquinante. A ciò si aggiungono gli inquinanti generati internamente per effetto delle attività e della presenza stessa delle persone, e quelli emessi dai materiali edilizi, dagli arredi e dagli impianti.

a) Inquinanti presenti nell'aria esterna

I principali inquinanti esistenti nell'aria esterna sono gli ossidi di azoto (NO_x), gli ossidi di zolfo (SO_x), gli ossidi di carbonio (CO,CO₂), i composti organici volatili (VOC), il particolato sospeso totale (PST) e l'ozono (O₃).

In Tabella 3 sono riportati i parametri relativi ai principali contaminanti dell'aria esterna al fine di pervenire alla valutazione della qualità dell'aria stessa.

Tabella 3 Parametri di qualità accettabile dell'aria esterna

Contaminante	Lungo termine (concentrazione media)			Breve termine (concentrazione media)		
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm	Periodo (mesi)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm	periodo (ore)
<i>SO₂</i>	80	0.03	12	365	0.14	24
<i>Particolato totale</i>	75 (*)	-	12	260	-	24
<i>CO</i>	-	-	-	40000	35	1
<i>CO</i>	-	-	-	10000	9	8
<i>O₃</i>	-	-	-	235	0.12	1
<i>NO₂</i>	100	0.055	12	-	-	-
<i>Piombo</i>	1.5	-	3	-	-	-

(*) Media aritmetica

(Dati definiti dalla statunitense EPA e tratti dalla norma ASHRAE Standard 62-1989)

b) Inquinanti prodotti all'interno degli edifici

Gli inquinanti prodotti all'interno degli edifici possono essere emessi :

- dalle persone stesse per effetto di
 - metabolismo
 - fumo di tabacco
- da apparecchiature da ufficio (fotocopiatrici, stampanti)
- da apparecchi a combustione
- da prodotti per la pulizia
- da materiali ed arredi edilizi
- dagli impianti di ventilazione e condizionamento

Tabella 4 Tipi e fonti degli inquinanti prodotti all'interno degli edifici

Tipo/fonte	Persone	Fumo di tabacco	Appar. per uffici	Cottura cibi	Apparecchi a combustione	Prodotti per la pulizia	Materiali edilizi	Arredi	Impianti di condizion
CO		x			x				
VOC	x	x		x	x	x		x	x
CO₂	x	x			x				
NO_x e SO_x					x				
O₃			x						
Particolato		x	x	x	x		x	x	
Radon							x		

Tipi di inquinanti e loro effetti

A seconda del tipo gli inquinanti si dividono in:

- ◇ *Gas o vapori* (CO, CO₂, SO_x, NO_x, VOC, Rn, O₃)
- ◇ *Microrganismi*
- ◇ *Particolato* (Fumo di tabacco, polvere, fibre, ecc.)

Le quantità di inquinanti presenti nell'aria si esprimono attraverso la loro concentrazione. Le unità di misura della concentrazione per i vari contaminanti sono riportate in Tabella 5.

E' importante conoscere il valore della concentrazione mediato nel tempo, in quanto da esso dipende la dose di inquinante accumulata negli organi e nei tessuti. Data l'elevata frazione di tempo trascorso in ambienti confinati, la dose di inquinanti assorbita indoor può variare dal 70% circa (per l'ozono) al 98% (NO_x) di quella totale (indoor + outdoor).

Gli effetti prodotti da tali inquinanti possono essere classificati in quattro categorie:

- ⇒ *sollecitazioni fisiologiche e psicologiche* a livello sensoriale (odori) che possono manifestarsi anche attraverso sintomi come: mal di testa, irritazione agli occhi e alla gola, affaticamento;
- ⇒ *effetti biologici* a carico di organi diversi (apparato respiratorio, cute, altri organi) che si manifestano sotto forma di irritazioni e reazioni allergiche;
- ⇒ *effetti mutageni o carcinogeni*
- ⇒ *danni ai materiali edilizi e agli arredi* (umidità, muffe).

Tabella 5 Unità di misura della concentrazione per i vari tipi di inquinante

<i>Tipo di inquinante</i>	<i>Unità di misura raccomandata</i>	<i>Altre unità di misura</i>
Gas e vapori	ppm	$\mu\text{g} / \text{m}^3$, mg / m^3 , g / Kg
Particolati	$\mu\text{g} / \text{m}^3$, mg / m^3 ,	cfu (colony forming units) / m^3
Inquinanti biologici	numero di particelle / m^3	
Gas radioattivi	Becquerel ⁽¹⁾ (Bq) / m^3	

⁽¹⁾ Il Bq è l'unità di misura della radioattività: 1 Bq = disintegrazione di 1 radionuclide / s. Nel sistema tecnico si usa spesso il Curie (Ci), 1 Ci = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq

Tabella 6 Concentrazione tipica di alcuni inquinanti in edifici residenziali

<i>Inquinante</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Concentrazione media</i>	<i>Concentrazione di picco</i>
CO ₂	ppm	500 - 1000	3000 - 5000
CO	ppm	2 - 5	25 - 50
NO ₂	μg / m ³		
– cucina con fornelli a gas		40 - 80	300 - 3000
– altre stanze		10 - 40	50 - 100
SO ₂	μg / m ³		
– senza combustione		10 - 20	50 - 100
– con combustione		50 - 200	500 - 1000
O ₃	μg / m ³	20 - 40	
VOC	μg / m ³	2000 - 3000	10000
Vapor d'acqua	g / Kg	4 - 10	10 - 15
Particolato sospeso	μg / m ³		
– senza fumatori		20 - 50	10 - 200
– con fumatori		40 - 80	500 - 1000
Radon	Bq / m ³	20 - 60	500 - 1000

Principali inquinanti presenti negli edifici per uso civile

◆ *Bioeffluenti e anidride carbonica*

I bioeffluenti (odori corporali) sono l'unico inquinante la cui emissione non può essere evidentemente evitata negli ambienti occupati.

Essi sono costituiti da una grande quantità di composti organici sotto forma di gas e di particolato, originati dal metabolismo umano ed emessi principalmente attraverso il sudore, le secrezioni cutanee e la respirazione. Pur non avendo azione tossica i bioeffluenti sono spesso la principale causa di cattiva qualità dell'aria nei locali ad elevata densità di occupazione.

La produzione di bioeffluenti varia molto sia in quantità che in composizione da persona a persona e anche, per una stessa persona, nel tempo.

Più facilmente prevedibile è il tasso di produzione di CO₂ che si accompagna alla produzione di bioeffluenti e che risulta essenzialmente funzione del livello di attività metabolica.

Per tale motivo la concentrazione di CO₂ viene spesso impiegata come "indicatore" dell'IAQ in presenza di inquinamento di origine umana, pur non essendo di per se tossica al di sotto di 10000 - 15000 ppm. Una concentrazione di CO₂ di 1000 ppm è considerata un limite da non varcare per garantire una presenza di bioeffluenti tale da non rendere sgradevole l'odore dell'aria.

◆ ***Inquinanti prodotti nei processi di combustione***

I processi di combustione (cottura cibi, uso di impianti termici autonomi, e per il riscaldamento dell'acqua calda, fumo di tabacco, ecc.) sono responsabili della presenza negli edifici di numerosi inquinanti fra i quali:

- gli ossidi di azoto (NO_x)
- gli ossidi di zolfo (SO_x)
- l'ossido di carbonio (CO).

Vengono prodotti ossidi di zolfo solo nel caso in cui è presente zolfo nel combustibile (gasolio, cherosene), mentre la formazione di ossidi di azoto e di ossido di carbonio dipende essenzialmente dalla modalità di combustione.

La SO_2 è un gas tossico a concentrazioni maggiori di 5 ppm. A concentrazioni minori ha azione prevalentemente irritante, e può determinare un aumento delle malattie bronchiali e cardiovascolari.

Gli NO_x hanno azione prevalentemente irritante. E' accertato che l'esposizione cronica ad aria in cui è presente NO_2 in concentrazioni superiori a $350 \mu\text{g} / \text{m}^3$ provochi un aumento dei sintomi e dei disturbi respiratori dei bambini. Al disopra di $1000 \mu\text{g} / \text{m}^3$ gli stessi sintomi si aggravano e si manifestano anche negli adulti sani.

La tossicità del CO è dovuta alla sua alta affinità con l'emoglobina (210 volte maggiore di quella dell'ossigeno) con cui forma la carbossiemoglobina. Gli organi che più risentono della presenza del CO sono quelli che richiedono i più elevati fabbisogni di ossigeno: cervello, cuore, muscoli.

◆ *Composti organici volatili (VOC)*

I composti organici volatili (Volatil Organic Compounds) sono una grande famiglia di sostanze tra cui prevalgono gli alcani, i cicloalcani, i terpeni, gli idrocarburi aromatici e clorurati e le aldeidi. Tra questi i più diffusi negli edifici residenziali sono il diclorometano, il limonene, il toluene, ma il più importante da un punto di vista tossicologico e mutageno è la formaldeide.

La presenza di formaldeide nell'aria interna è legata all'uso di numerose sostanze, quali solventi, deodoranti, termicidi, colle, vernici, detergenti domestici, ecc. Sono inoltre causa di formazione di VOC i processi di combustione, il fumo di tabacco, il metabolismo umano e gli stessi impianti di condizionamento.

In particolare la presenza di formaldeide è dovuta a certi tipi di arredi a base di truciolato, all'uso di alcuni tipi di vernici, collanti, cosmetici, prodotti per le piante verdi, schiume poliuretatiche, ma anche al fumo di tabacco. Il tasso di emissione della formaldeide da parte dei materiali varia col tempo: i pannelli di truciolato hanno un tasso di emissione dell'ordine di 4 mg/h per m², ogni pacchetto di sigarette dà luogo alla formazione di 0.38 mg mentre per i fornelli a gas la produzione è di 15 - 25 mg / h.

Misure effettuate in edifici residenziali del Nord Italia hanno evidenziato all'interno delle abitazioni una concentrazione di VOC mediamente 10 volte superiore a quella dell'aria esterna: 3.25 mg/m³ contro 0.37 mg/m³. Nello stesso studio la concentrazione media di formaldeide misurata fu di 0.027 mg/m³.

Per esposizione di breve durata a concentrazioni superiori a 0.2 mg/m³ la formaldeide provoca irritazione oculare, mentre per valori superiori a 1-2 mg/m³ si ha marcata irritazione delle vie respiratorie. Vi è il sospetto che la formaldeide sia cancerogena nel caso di inalazione cronica anche di piccole quantità.

◆ **Ozono**

La principale fonte di ozono è normalmente l'aria esterna, dove la sua formazione è una delle conseguenze del cosiddetto smog fotochimico; tuttavia l'ozono può avere origine anche all'interno da parte di sorgenti di radiazione UV (ad esempio macchine fotocopiatrici e stampanti), filtri elettrostatici adottati in alcuni impianti di condizionamento e ionizzatori.

Poiché il meccanismo stesso di infiltrazione dell'aria esterna riduce sensibilmente la concentrazione di ozono dall'esterno all'interno, nel caso in cui la fonte di ozono sia esterna occorre limitare l'apertura delle finestre.

I livelli di ozono in ambiente tendono a decadere velocemente in assenza di una fonte di mantenimento: il suo periodo di dimezzamento è infatti inferiore a 30 minuti.

L'ozono è un gas fortemente reattivo, in grado di ossidare numerosi componenti cellulari (amminoacidi, proteine, lipidi).

L'esposizione anche per brevi periodi a concentrazioni di ozono superiori a 0.4 ppm può pertanto ridurre l'efficacia dei sistemi di difesa. L'esposizione continua a concentrazioni ridotte (0.08-0.1 ppm) ha un effetto comprovato sulla irritazione degli occhi e dei tratti respiratori.

◆ *Fumo di tabacco*

Il fumo di tabacco, oltre a provocare danni certi e gravissimi ai fumatori, è una delle principali cause di inquinamento indoor, dove viene spesso indicato con la sigla ETS (Environmental Tobacco Smoke), o anche “fumo passivo” per designare le problematiche igienico-sanitarie sollevate dal fumo di tabacco nei non-fumatori.

La presenza di fumo in una stanza rende sgradevole l’ambiente sia dal punto di vista olfattivo che per l’irritazione agli occhi e alle mucose che genera; vi sono inoltre forti sospetti che l’inalazione del fumo passivo possa provocare effetti patologici a danno dell’apparato respiratorio e aumentare il rischio di tumore polmonare.

Il fumo passivo è formato dal fumo espirato da parte del fumatore (fumo espirato, FE) e da quello rilasciato dalla sigaretta durante gli intervalli tra una inalazione e l’altra (fumo diretto); quest’ultimo rappresenta circa l’80% del fumo passivo.

Nel fumo di tabacco sono presenti centinaia di sostanze diverse; le più importanti sono riportate in Tabella 5.

Il fumo passivo produce effetti:

- irritativi
- tossicologici
- carcinogeni

Tabella 7 Componenti e caratteristiche principali del fumo di una sigaretta con filtro

Componente/proprietà (mg/sigaretta)	Tipo di fumo		Rapporto FD/FE
	diretto (FD)	espirato (FE)	
Tabacco bruciato	411	347	1.2
Tempo di combustione	550	20	27
Catrame	34.5	10.2	3.4
Particolato	40	25	1.6
Nicotina	1.27	0.46	2.8
CO	88	19	4.7
Formaldeide	4	0.08	51
CO₂	490	50	9.8
Ammoniaca	7.4	0.16	46
NO_x	0.051	0.014	3.6
Fenoli	0.603	0.228	2.6
Catecoli (µg/sigaretta)	70	30	2.3
Benzopirene (µg/sigaretta)	51	15	3.4

◆ **Polveri**

L'aria contiene in sospensione del pulviscolo che può essere innocuo, se è di origine naturale e presente in piccole quantità, o dannoso, se abbondante ed inalabile.

Esso presenta caratteristiche molto diverse a seconda della sua origine e natura, delle sue dimensioni, della forma, della quantità.

La grandezza delle polveri varia da frazioni di μ a decine di μ . In base alla granulometria esse si dividono in: sedimentabili e sospese. Le prime, di dimensioni oscillanti da 1 a 10 μ , tendono a sedimentare per gravità; le polveri sospese, con dimensioni comprese fra 1 μ a frazioni di μ rimangono in aria anche quando l'aria si autodepura per sedimentazione.

Le frazioni fini e grossolane delle particelle inalabili hanno differenti fonti e differenti composizioni chimiche. Le prime sono principalmente generate dalla coagulazione di nuclei *Aitken* ($< 0.1 \mu\text{m}$) e dalla condensazione di vapore acqueo attorno a questa nuclei. Sono costituite generalmente da solfati, nitrati, sali di ammonio, composti organici volatili ed alcuni metalli come il piombo.

Le particelle grossolane sono invece polveri minerali come ossidi di silicio, ferro ed alluminio.

Il sistema maggiormente attaccato dagli inquinanti particolati è l'apparato respiratorio e il fattore di maggior rilievo per lo studio degli effetti è probabilmente la dimensione delle particelle, in quanto da essa dipende l'estensione della penetrazione nelle vie respiratorie.

Prima di raggiungere i polmoni, i particolati devono oltrepassare delle barriere naturali, predisposte dall'apparato respiratorio stesso. Alcuni particolati sono efficacemente bloccati. Si può ritenere che le particelle con diametro superiore a 5 μ siano fermate e depositate nel naso e nella gola. Le particelle di dimensioni tra 0.5 μ e 5 μ possono depositarsi nei bronchioli e per azione delle ciglia vengono rimosse nello spazio di due ore circa e convogliate verso la gola.

Il pericolo è invece rappresentato dalla parte che raggiunge gli alveoli, dai quali viene eliminata in modo meno rapido e completo, dando luogo ad un possibile assorbimento nel sangue con conseguente intossicazione.

◆ ***Fibre aerodisperse (Asbesti, fibre di vetro)***

Il termine asbesti indica una famiglia di sei minerali presenti in natura contenenti silicati e dall'aspetto fibroso. Chimicamente sono costituiti da lunghe reti intrecciate a doppia elica di atomi di silicio collegati da ponti di atomi di ossigeno. La forma di asbesto più comunemente utilizzata è il crisolito (amianto di serpentino: $Mg_3Si_3O_5(OH)_4$). Il crisotilo è un solido bianco le cui singole fibre si presentano arricciate; esso è stato largamente utilizzato per la sua resistenza meccanica e al calore ed il suo costo relativamente ridotto.

Le più comuni utilizzazioni degli asbesti comprendono l'impiego come isolanti, come rivestimento di materiali antincendio negli edifici pubblici e nei freni delle automobili, come additivi volti a migliorare la resistenza meccanica del cemento usato come materiale di copertura, per la costruzione di condotte e come fibra per la tessitura di tute ignifughe.

L'emissione di amianto nell'aria negli ambienti dipende dalla coesione dei materiali che lo contengono e dall'intensità delle forze che agiscono sugli stessi materiali. In condizioni di usura, abrasione, friabilità e danni provocati dal contatto con l'acqua, l'amianto reagisce liberando delle fibrille che, penetrando nei polmoni provocano gravi danni all'apparato respiratorio.

Alcuni studi hanno dimostrato che la concentrazione interna e la quantità assoluta di fibre nell'aria possono superare i limiti di sicurezza pari a 2 fibre/ml.

Ancora poco conosciuta è la conseguenza dell'inalazione delle **fibre di vetro** poiché gli effetti sull'organismo si manifestano dopo almeno un decennio dall'esposizione.

VALORI LIMITE DI SOGLIA

(TLV)

per SOSTANZE CHIMICHE

I TLV indicano per ciascuna delle sostanze elencate, le concentrazioni delle sostanze aerodisperse alle quali si ritiene che la maggior parte dei lavoratori possa rimanere esposta ripetutamente giorno dopo giorno senza effetti negativi per la salute.

Sono previste tre categorie di TLV.

1. **Valore limite di soglia - media ponderata nel tempo (TLV-TWA):** concentrazione media ponderata nel tempo, su una giornata lavorativa convenzionale di 8 ore e su 40 ore lavorative settimanali.

$$TWA = \frac{C_1 T_1 + C_2 T_2 + \dots + C_n T_n}{8h}$$

dove:

TWA = concentrazione media ponderata nel tempo in ppm o mg/m³

C = concentrazione del contaminante nel periodo di campionamento

T = tempo di campionamento

2. **Valore limite di soglia - limite per breve tempo di esposizione (TLV-STEL):** esposizione media ponderata su un periodo di 15 minuti, che non deve mai essere superata nella giornata lavorativa, anche se la media ponderale su 8 ore è inferiore al TLV.

3. **Valore limite di soglia - limite per breve tempo di esposizione (TLV-STEL):** esposizione media ponderata su un periodo di 15 minuti, che non deve mai essere superato.

Se anche uno solo dei tre TLV viene superato si presume che esista un potenziale rischio di esposizione per la sostanza in questione.

Se per una certa sostanza esiste il TLV-TWA ma non il valore STEL, allora essa non deve superare:

- il limite TLV-TWA nell'arco delle 8 ore;
- 3 volte il valore TWA per più di 30 minuti/giorno;
- 5 volte il TWA in nessun caso.

Il TLV selettivo della dimensione delle particelle viene espresso sotto tre forme differenti:

- ◆ **TLV per la Massa delle Particelle Inspirabili (TLV - MPI)** per le sostanze dannose quando si depositano in qualsiasi tratto delle vie respiratorie,
- ◆ **TLV per la Massa delle Particelle Toraciche (TLV - MPT)** per le sostanze dannose quando si depositano in qualsiasi tratto delle vie respiratorie e della regione di scambio gassoso,
- ◆ **TLV per la Massa delle Particelle Respirabili (TLV - MPR)** per le sostanze dannose quando si depositano nella regione di scambio gassoso.

Tabella 8 Valori limite di soglia per alcune sostanze chimiche presenti negli ambienti di lavoro

<i>Sostanza</i>	<i>Anno</i>	<i>TWA adottati</i>		<i>STEL/C adottati</i>	
		<i>ppm</i>	<i>mg/m³</i>	<i>ppm</i>	<i>mg/m³</i>
<i>CO₂</i>	1986	5000	9000	30000	54000
<i>CO</i>	1992	25	29		
<i>NO₂</i>	1996	3	5.6	5	9.4
<i>SO₂</i>	1996	2	5.2	5.25	13
<i>O₃</i>	1989	-	-	0.1 ©	0.20 ©
<i>Particelle</i>					
- inalabili	1989	-	10		
- respirabili	1995	-	3		
<i>Pb</i>	1995	-	0.05		
<i>Asbesto</i>	<i>Prop. Modif.</i>	-	(0.2 f/cc)		
<i>Fibre di vetro</i>	<i>Prop. Modif.</i>	-	(1 f/cc)		

(Valori tratti dal volume "Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices" pubblicato dall'ACGI American Conference of Governmental Industrial Hygienist)

Tecniche sperimentali per la misura della qualità dell'aria

Per verificare la qualità dell'aria in ambiente è possibile adottare due tipi di misure:

- *soggettive*
- *oggettive*

Nel primo caso si possono impiegare questionari, interviste, oppure procedere ad esami medici delle persone che trascorrono il loro tempo nell'ambiente considerato.

Nel secondo caso occorre:

- rilevare i livelli di concentrazione degli inquinanti
- individuare e caratterizzare le sorgenti di emissione.

La concentrazione degli inquinanti va misurata in un numero sufficientemente rappresentativo di punti dell'ambiente e per un periodo adeguato. Tali valori possono essere poi normalizzati al valore medio nel volume considerato in modo da ottenere indici di qualità dell'aria.

⇒ *Misure soggettive*

La struttura tipica di un questionario sulla qualità dell'aria in un luogo di lavoro è riportata in Tabella 10.

Si può osservare che oltre a domande sulla qualità dell'aria (polveri, odori, ecc.), è opportuno effettuare domande sulla qualità dell'ambiente (temperatura, luce, ecc.) per evitare una scorretta interpretazione della sintomatologia avvertita.

Tabella 12 Informazioni che devono essere richieste in un questionario sulla qualità dell'aria in un ambiente di lavoro

<i>Percezione della qualità dell'aria in merito a:</i>	<i>Sintomi avvertiti</i>	<i>Aspetti personali e attività professionale</i>
Temperatura	Stanchezza	Età
Umidità relativa o secchezza dell'aria	Nausea	Sesso
Presenza di polvere	Mal di testa	Grado di istruzione
Presenza di odori	Bruciore agli occhi	Stress da lavoro
Movimento dell'aria	Bruciore alle mucose nasali	Soddisfazione professionale
Presenza di elettricità statica	Secchezza della bocca	Ore trascorse al lavoro
Rumore	Secchezza della gola	Uso di videoterminali
Illuminazione	Tosse	
	Disturbi respiratori	
	Irritazioni cutanee	
	Lacrimazione	

⇒ *Misure oggettive*

A parte i casi in cui è possibile individuare le fonti di emissione per mezzo di ispezioni visuali (muffe sulle pareti e negli impianti di condizionamento), in genere per caratterizzare le fonti inquinanti e per rilevarne il livello, è necessario ricorrere alla misura delle concentrazioni dei vari inquinanti.

Gli strumenti impiegati possono essere distinti in base al tipo di sostanza rilevata:

- gas e vapori
- particolato
- particelle radioattive
- sostanze biologiche

in base alle loro caratteristiche operative:

- *attivi*, quando il campionamento avviene per aspirazione dell'aria
- *passivi*, quando il campionamento si avvale del principio della diffusione,

e in base alle modalità di raccolta dei dati:

- *analizzatori*, per misure immediate in campo
- *collettori*, per la raccolta del campione e la successiva analisi in laboratorio.

Gli analizzatori forniscono i dati in tempo reale: sono pertanto particolarmente utili per la misura della concentrazione di picco e per la misura in continuo (*monitoraggio*). Viceversa, i dati ottenuti con un dispositivo collettore forniscono il valore medio sul periodo di campionamento.