

# ARCHITETTURA TECNICA E PRATICA / 3

## Efficientamento e riqualificazione energetica

### COMITATO SCIENTIFICO

---

#### *Presidente*

Prof. Arch. Fabrizio Orlandi

---

#### *Membri*

Prof. Arch. Filippo Angelucci

*(Università degli studi "G. d'Annunzio" Chieti-Pescara)*

Prof. Arch. Serena Baiani

*(Università degli studi di Roma "La Sapienza")*

Prof. Arch. Eliana Cangelli

*(Università degli studi di Roma "La Sapienza")*

Prof. Arch. Domenico D'Olimpio

*(Università degli studi di Roma "La Sapienza")*

Prof. Arch. Alberto De Capua

*(Università degli Studi "Mediterranea" di Reggio Calabria)*

Prof. Arch. Matteo Gambaro

*(Politecnico di Milano)*

Prof. Arch. Andrea Grimaldi

*(Università degli studi di Roma "La Sapienza")*

Prof. Ing. Francesco Mancini

*(Università degli studi di Roma "La Sapienza")*

## L'AUTORE

### *Alberto De Capua*

Architetto, dal 2004 Professore di II fascia, nel SSD ICAR 12 Tecnologia dell'architettura, presso il Dipartimento Architettura e Territorio dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria. Dal 2018 è componente del Consiglio di Amministrazione di Ateneo, dal 2012 al 2018 Prorettore Delegato alle attività di Orientamento dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria.

PhD in Tecnologie dell'Architettura VIII ciclo presso il Dipartimento ITACA dell'Università di Roma "La Sapienza".

Dal 1990 svolge attività didattica e di ricerca generalmente orientata all'approfondimento delle tematiche riguardanti i processi produttivi che nei vari aspetti regolano la costruzione e la trasformazione dell'ambiente insediativo. La sua attività e la produzione scientifica sono indirizzate alle seguenti tematiche:

strategie d'intervento sul patrimonio edilizio esistente: valutazioni del comportamento prestazionale degli edifici e delle opzioni tecnologiche compatibili negli interventi di recupero e di riqualificazione;

metodologie e protocolli per il controllo e il miglioramento della qualità ambientale in edilizia, con particolare riferimento ai requisiti d'igiene e sicurezza dell'ambiente e alla "sostenibilità" dei processi realizzativi;

rapporti e criticità tra qualità dell'informazione tecnica e progetto esecutivo, riferito alla scala progettuale esecutiva degli interventi di recupero e riqualificazione del patrimonio edilizio esistente.

Sulle tematiche indicate è intervenuto a Convegni nazionali e internazionali e Seminari di studio, quasi sempre presentando memorie.

Dal 2000 tiene i corsi di Progettazione dei sistemi costruttivi e di Materiali per l'architettura.

I capitoli 6, 7, 8, 9 della Parte III sono a cura di Lidia Errante

Il capitolo 10 della Parte IV è a cura di Valentina Palco

### *Lidia Errante*

Si laurea in architettura magistrale (4LM) con il massimo dei voti presso l'Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria nel 2015 e nello stesso anno si abilita all'esercizio della professione. Dal 2015 è cultore della materia in Tecnologia dell'architettura (SSD ICAR/12) e collabora con il dipartimento dArTe nell'ambito dell'elaborazione delle linee guida per il protocollo ITACA, all'interno del progetto P.A.R.C.O. nel settore dell'indoor quality coordinato dal Prof. Alberto De Capua. Dal 2019 è PhD in Architettura e Territorio al dipartimento dArTe dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria, dove svolge attività didattica e di ricerca affiancando il Prof. Alberto De Capua per gli insegnamenti di Materiali per l'architettura e Progettazione dei sistemi costruttivi. Partecipa attivamente all'organizzazione di eventi, seminari e workshop sui diversi temi della città e del progetto di architettura.

### *Valentina Palco*

Dal 2019 è PhD in Architettura e Territorio presso il Dipartimento dArTe dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria. Si laurea nel 2012 con il massimo dei voti in Architettura (U.E. - 4S). Collabora con il dipartimento dArTe, partecipando all'elaborazione delle linee guida per il protocollo ITACA, all'interno del progetto P.A.R.C.O. nel settore dell'indoor quality con il Prof. Alberto De Capua. Vincitrice di borsa di ricerca, ricognizione, indagine e proposizione di scenari progettuali sostenibili per i siti dismessi delle aree urbane della città metropolitana di Reggio Calabria, P.R.I.N. RE-CYCLE 2013/2014. Attualmente impegnata nel progetto *HomeS2 costruzioni per l'emergenza c/o l'azienda DeMTech De Masi*, in collaborazione con il dipartimento dArTe. Dal 2015 è cultore della materia in Tecnologia dell'architettura (SSD ICAR/12) e Architettura tecnica (ICAR/08). Collabora alla cattedra del prof. Alberto De Capua ai corsi di Materiali per l'architettura, Progettazione dei sistemi costruttivi, Architettura tecnica, organizzando seminari ed eventi di formazione culturale in architettura sostenibile, innovazione e coesione sociale.

Alberto De Capua

# LA QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR NELLA RIQUALIFICAZIONE EDILIZIA

© Copyright Legislazione Tecnica 2019

La riproduzione, l'adattamento totale o parziale, la riproduzione con qualsiasi mezzo, nonché la memorizzazione elettronica, sono riservati per tutti i paesi.

---

Finito di stampare nel mese di ottobre 2019 da  
Press Up S.r.L. - Sede Legale: Via Catone, 6 - 00192 Roma (Rm)  
Sede Operativa: Via Cassia Km 36,300 Zona Ind.le Settevene - 01036 Nepi (Vt)

---

Legislazione Tecnica S.r.L.  
00144 Roma, Via dell'Architettura 16

*Servizio Clienti*  
Tel. 06/5921743 - Fax 06/5921068  
servizio.clienti@legislazionetecnica.it

*Portale informativo:* [www.legislazionetecnica.it](http://www.legislazionetecnica.it)  
*Shop:* [ltshop.legislazionetecnica.it](http://ltshop.legislazionetecnica.it)

Il presente volume è frutto di una serie di studi e di ricerche che l'autore porta avanti già dal 1997 con il proprio dottorato di ricerca. Parti del testo, presentate in convegni nazionali e internazionali, sono parzialmente presenti, seppur riviste e aggiornate, in altre pubblicazioni dell'autore.

I contenuti e le soluzioni tecniche proposte sono espressioni dell'esperienza maturata nel corso degli anni dagli Autori. Esse possono, quindi, soltanto essere fatte proprie dal lettore, o semplicemente rigettate, ed hanno l'intento di indirizzare e supportare il progettista nella scelta della soluzione che maggiormente si adatta alla situazione oggetto di analisi. Rimane, pertanto, a carico del progettista la selezione della soluzione da adottare e le conseguenti analisi e dimensionamenti delle strutture e dei componenti. Il lettore utilizza il contenuto del testo a proprio rischio, ritenendo indenne l'Editore e gli Autori da qualsiasi pretesa risarcitoria.

# SOMMARIO

<b>PREFAZIONE</b> .....	9
La tematica della qualità ambientale e dell'inquinamento indoor nello scenario contemporaneo .....	11
<i>a cura di Domenico D'Olimpio</i>	
<b>INTRODUZIONE</b> .....	13
<b>PARTE I</b>	
<b>L'ATTUALE QUADRO NORMATIVO COME RIFERIMENTO PER LO SVILUPPO PROGETTUALE</b> .....	17
1. IL SIGNIFICATO ED IL CONCETTO DI "INDOOR AIR QUALITY" .....	17
1.1 Dal concetto di sostenibilità a quello di <i>indoor air quality</i> .....	17
1.2 Alcune definizioni .....	19
2. IL QUADRO LEGISLATIVO DI RIFERIMENTO .....	22
2.1 Norme quadro di riferimento nazionale .....	22
2.2 Norme di riferimento comunitario .....	24
2.3 Norme di riferimento internazionale .....	25
2.4 Conclusioni .....	26
<b>PARTE II</b>	
<b>L'APPROCCIO METODOLOGICO. DALLA FASE DI ANALISI VALUTATIVA ALLA DEFINIZIONE DELLE STRATEGIE DI INTERVENTO</b> .....	33
3. ANALISI DEL CONTESTO AMBIENTALE DI RIFERIMENTO .....	33
3.1 Premessa metodologica per l'impostazione e lo sviluppo del progetto di <i>indoor air quality</i> .....	33
3.2 Le esigenze che oggi definiscono il problema .....	34
3.3 Le sorgenti inquinanti .....	36
3.4 Gli effetti sulla salute .....	39
3.5 Percepire e misurare la qualità indoor .....	42
3.6 Stimare e valutare il rischio .....	44
3.6.1 Il concetto di rischio .....	44
3.6.2 Limiti di accettabilità .....	46
3.6.3 Il processo di valutazione del rischio .....	49

4.	CONTROLLARE LA QUALITÀ DELL'ARIA INTERNA .....	56
4.1	La qualità dell'aria e le caratteristiche dell'ambiente costruito .....	56
4.1.1	La struttura dell'ambiente interno secondo l'EPA .....	57
4.1.2	Prescrizioni per un "healthy building": un'esperienza svedese.....	60
4.1.3	Il <i>Masterplan</i> per l'ambiente di De Roo .....	61
4.1.4	Un modello matematico .....	61
4.2	Che tipo di controllo .....	65
4.2.1	Strategie di controllo negli ambienti industriali .....	67
4.2.2	Il controllo nel processo edilizio .....	68
4.3	Controllare i materiali.....	69
4.3.1	Alcuni esempi: una guida inglese.....	71
4.3.2	Le proposte del Politecnico di Milano per "costruire sano" .....	72
4.3.3	<i>European Data Base on Indoor Air Pollution Sources in Building</i> .....	72
4.3.4	Certificazione e qualità ambientale dei prodotti da costruzione.....	73
4.4	Come condurre le indagini.....	73
4.4.1	Impostare la verifica di qualità .....	73
4.4.2	Misurare la qualità dell'aria interna.....	76
4.4.3	Misurare il ricambio d'aria .....	77
4.4.4	Misure dei parametri ambientali.....	78
4.4.5	Come condurre le indagini sugli edifici esistenti .....	80
4.4.6	L'esempio del Canada: un protocollo di indagine .....	82
PARTE III		
	<b>STRUMENTI PER IL CONTROLLO DEL PROGETTO E DEL COSTRUITO</b> .....	89
5.	VALUTAZIONI E CONSIDERAZIONI CRITICHE .....	89
5.1	Le ragioni di una scelta.....	89
5.2	Strategie per un nuovo scenario .....	92
5.3	Criteri di selezione della strategia.....	94
6.	SCHEDE CONOSCITIVE INQUINANTI .....	96
6.1	Radon .....	96
6.2	Formaldeide .....	99
6.3	Amianto .....	102
6.4	Contaminanti biologici.....	105
6.5	Piombo .....	108
6.6	Ossidi di azoto e carbonio .....	110
7.	CHECK-LIST DELLE EMISSIONI INQUINANTI DEI MATERIALI .....	116
7.1	Emissioni radon.....	116
7.2	Emissioni formaldeide .....	122
7.3	Emissioni amianto .....	126
7.4	Emissioni contaminanti biologici.....	131
7.5	Emissioni piombo .....	135
7.6	Emissioni ossidi di azoto e carbonio .....	138
8.	CHECK-LIST DEGLI INDICATORI MICROCLIMATICI (FATTORI AMBIENTALI INTERNI).....	142
8.1	Aerazione.....	142
8.2	Temperatura aria ambiente .....	151
8.3	Umidità relativa.....	154
8.4	Temperatura operativa .....	157
9.	SCHEDE DI VALUTAZIONE DEGLI INDICATORI MACROCLIMATICI (FATTORI AMBIENTALI ESTERNI).....	160
9.1	Premessa .....	161
9.2	Moti d'aria su pareti esterne e flussi interni.....	162

PARTE IV	
<b>TECNOLOGIA E SOLUZIONI TECNICHE</b>	173
10. STRATEGIE DI INTERVENTO E SOLUZIONI TECNICHE PER LA MITIGAZIONE DEI RISCHI	173
10.1 Le strategie d'intervento	174
10.1.1 Il comfort interno	174
10.1.2 Il comfort termico	175
10.1.3 La qualità dell'aria interna	176
10.1.4 Il comfort visivo	176
10.1.5 Surriscaldamento e discomfort	177
10.1.6 Riduzione del carico di riscaldamento	177
10.1.7 Ombreggiamento e orientamento dell'edificio (riduzione degli apporti solari)	178
10.1.8 Apporti solari interni e qualità dell'aria	178
10.1.9 Strategie di raffrescamento	180
10.1.9.1 Raffrescamento passivo (soluzioni tecniche per la riduzione dei carichi termici)	181
10.1.9.2 Configurazioni possibili delle aperture esterne	183
10.1.9.3 Ventilazione notturna	183
10.2 Caso studio: The Environmental Building, Building Research Establishment (Garston, Regno Unito)	184
10.2.1 Ventilazione naturale	185
10.2.2 Controllo solare e luce diurna	187
10.2.3 Impianti elettrici e di illuminazione	188
10.3 La qualità dell'aria interna	188
10.3.1 Descrizione del nodo	189
10.3.1.1 Problemi rilevanti	189
10.3.1.2 Misure preventive e rimedi	191
10.4 Gas radon - Dipendenza dalle caratteristiche dell'edificio	191
10.4.1 Tecniche preventive di tipo passivo	193
10.4.2 Tecniche di mitigazione di tipo attivo	193
10.4.3 Tecniche di mitigazione provvisorie	194
10.4.4 Bibliografia di riferimento	194
BIBLIOGRAFIA GENERALE	196
ABBREVIAZIONI	203
GLOSSARIO	206





# PREFAZIONE

## LA TEMATICA DELLA QUALITÀ AMBIENTALE E DELL'INQUINAMENTO INDOOR NELLO SCENARIO CONTEMPORANEO

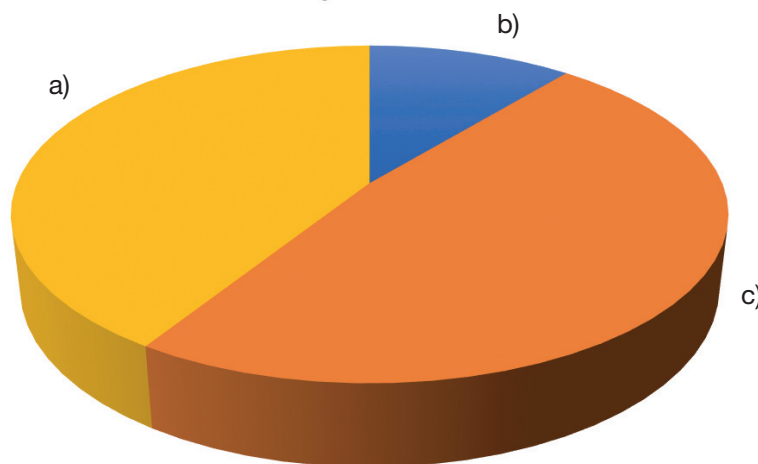
Nel quadro delle tematiche relative alla sostenibilità ambientale, la problematica dell'inquinamento ambientale indoor non ha ancora raggiunto, nell'ambito del contesto normativo da un lato e delle discipline di progettazione dello spazio costruito dall'altro, un livello di considerazione congruente con l'entità delle specifiche problematiche e conseguenze sulla salubrità degli spazi abitati ad essa correlate, soprattutto di ordine sanitario. Mentre in altri ambiti, come ad esempio quello energetico, le normative sono oramai talmente vincolanti e dense di richieste, parametri da rispettare, *modus operandi* da percorrere, che di fatto impediscono la realizzazione di edifici caratterizzati da consumi energetici elevati e fuori controllo come è avvenuto diffusamente negli ultimi decenni, orientando le attività di progettazione e di costruzione verso reali principi di sostenibilità energetico-ambientale – basti pensare alla Direttiva europea EPBD 2 “*Energy Performance of Buildings Directive*”, recepita nel nostro Paese con D.L. 4 giugno 2013, n. 63, e al D.M. (Sviluppo economico) del 26 giugno 2015 “*Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici*” che tratta dei requisiti minimi degli edifici –, nel settore dell'inquinamento ambientale indoor non sembra ancora esservi la giusta attenzione e non si è ancora delineato uno specifico quadro normativo volto ad obbligare ad una adeguata considerazione dei molteplici parametri e fattori di inquinamento indoor nell'ambito delle attività di progettazione e di costruzione dello spazio confinato. Negli ambienti domestici, ad esempio, spesso il concetto di ricambio d'aria non viene debitamente considerato: infissi a tenuta d'aria in funzione delle esigenze legate ai consumi energetici non trovano soluzioni tecniche in grado di risolvere le differenti problematiche che possono a loro volta indurre (aria viziata con eventuali inquinanti che non possono essere dissipati, insorgenza di muffe, condense, ecc.); la scelta di arredi e mobili a basso o nullo contenuto/emanazione di formaldeide e VOC (Volatile Organic Compounds) viene lasciata su base volontaria (nonostante il problema sia da tempo noto e siano già diffusi produttori di arredi che certificano l'assenza, nei loro prodotti, di formaldeide e VOC); non tutte le zone caratterizzate da un supporto geopedologico che emana gas radon sono regolamentate da regolamenti edilizi adeguati (che contemplano la necessità di specifiche azioni progettuali e opzioni tecnico-costruttive); troppo spesso sono considerati i soli effetti acuti (o a breve termine) dei fattori inquinanti, che per essere scatenati hanno bisogno di elevate concentrazioni dell'inquinante in ambiente, mentre non vengono debitamente considerati, e quindi normati, gli effetti a lungo termine che potrebbero generarsi dopo un periodo di esposizione relativamente lungo, come se non fossero effetti che, una volta sortiti, possano definire una problematica seria e rilevante per l'utente, al di là del fatto che il loro manifestarsi possa seguire di parecchi anni l'inizio dell'esposizione all'inquinante. Eppure, specifici e autorevoli studi indicano chiaramente la pericolosità dell'inquinamento indoor: il “*Global Health Risk: Mortality and burden of disease attributable to selected major risks*” (World Health Organization, 2009) evidenzia come l'inquinamento indoor sia responsabile del 2,7% del carico globale di malattia nel mondo, tanto che il tema dell'inquinamento ambientale indoor è da tempo molto considerato e attenzionato anche dall'Organizzazione mondiale della sanità, che ha già prodotto differenti *linee guida*<sup>1</sup> in materia e che si sta adoperando affinché ogni Paese sviluppi piani di prevenzione e controllo, nonché strategie per la realizzazione di ambienti indoor sostenibili, in grado di assicurare salubrità, protezione della salute, comfort ambientale.

<sup>1</sup> Ad esempio le *WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould* (2009) offrono una descrizione generale dei rischi per la salute conseguenti alla presenza di umidità e muffe negli edifici, nonché forniscono una serie di indicazioni sostanziali per la loro individuazione, controllo e prevenzione; le *WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants* (2010) definiscono i limiti ammissibili per alcuni inquinanti indoor per i quali le conoscenze scientifiche relative agli effetti dannosi sulla salute umana sono state ritenute sufficientemente accettabili (con particolare riferimento a sostanze quali benzene, biossido di azoto, formaldeide, idrocarburi policiclici aromatici, monossido di carbonio, naftalene, radon, tricloroetilene e tetracloroetilene).

I fattori inquinanti che possono essere presenti negli ambienti indoor possono essere sostanzialmente classificati in tre fondamentali tipologie:

- inquinanti fisici (ad esempio: gas radon, campi elettromagnetici, ecc.);
- inquinanti chimici (ad esempio: composti organici volatili, formaldeide, monossido di carbonio, biossido di carbonio, biossido di azoto, anidridi varie, ecc.);
- inquinanti biologici (ad esempio: muffe, batteri, funghi, ecc.).

### Proporzione statistica tra agenti chimici, fisici e biologici nell'inquinamento indoor



a) Agenti biologici: 41%    b) Agenti fisici: 11%    c) Agenti chimici: 48%

Al di là di quelli citati a scopo esemplificativo nella suddetta classificazione, la loro numerosità risulta particolarmente rilevante: basti pensare che sono stati individuati oltre 900 composti chimici inquinanti nell'aria degli ambienti chiusi<sup>2</sup> e che alcuni di questi inquinanti possono trovare concentrazioni di gran lunga maggiori negli spazi confinati rispetto a quelle che si realizzano negli ambienti esterni.

Tali agenti inquinanti comportano specifici effetti sulla salute umana che possono riguardare l'apparato cutaneo (dermatiti, irritazioni, ecc.), l'apparato oculare (congiuntiviti), l'apparato respiratorio (riniti, bronchiti, alterazioni della funzionalità polmonare, ecc.), il sistema immunologico (infezioni virali e/o batteriche), il sistema nervoso (sonnolenza, astenia, vertigini). Gli effetti in questione sono tutti correlati al concetto di "Indoor Air Quality" (IAQ) e, più in particolare, all'alterazione che può subire la qualità dell'aria negli spazi confinati. Tale alterazione può determinare l'insorgenza dei sopracitati effetti con progressioni temporali a breve (effetti acuti) o a lungo termine (effetti cronici). Lo stato di avanzamento delle conoscenze scientifiche a tale proposito classifica gli effetti sanitari associati ad una cattiva qualità dell'aria (IAQ), ovvero le Building related illness-BRI (Malattie associate agli edifici), in differenti gruppi, riconducibili a:

- Sick Building Syndrome-SBS (sindrome dell'edificio malato), dove la SBS si riferisce a un quadro sintomatologico ben definito, che si manifesta in un elevato numero di occupanti edifici per uffici, scuole, ospedali, case per anziani, abitazioni civili, dotati di impianti di ventilazione meccanica e di condizionamento d'aria globale (senza o con limitata immissione di aria di rinnovo esterna);
- Multiple Chemical Sensitivity Syndrome-MCS (sindrome da sensibilità chimica multipla), che è riconducibile alla presenza di agenti chimici o ambientali che possono portare a patologie, similari alle allergie, in grado di incidere su diversi organi;
- Organic dust toxic syndrome-ODTS (sindrome tossica da polvere organica), che si manifesta conseguentemente all'esposizione in ambienti con una eccessiva concentrazione di miceti, funghi e batteri nell'aria.

Certamente, la possibilità di realizzare una condizione ambientale indoor salubre e priva di fattori di alterazione dell'IAQ, è assolutamente attuabile e realizzabile, previa una opportuna consapevolezza della

<sup>2</sup> Dato tratto da documenti della European Lung Foundation (ELF).

tematica e delle problematiche in questione da parte dei progettisti, nei nuovi edifici, in quanto la possibilità di selezionare materiali da costruzione, arredi, sistemi tecnico-impiantistici, nonché di progettare l'edificio in funzione di criteri e sistemi di ventilazione e controllo igrometrico e di qualità dell'aria di tipo passivo, costituisce una strategia di risoluzione della problematica di efficacia certa e con ridotti margini di fallibilità. Molto differente è invece il discorso riferito alla realizzazione di ottimali condizioni di salubrità ambientale e di qualità dell'aria interna negli edifici preesistenti, nei quali, molto spesso, le opzioni di intervento e le soluzioni tecniche risultano complesse e di difficile praticabilità, nonché spesso correlate ad input economici rilevanti. In questo caso occorre una valutazione attenta delle condizioni al contorno e dello stato di fatto, ai fini di capire quali problematiche possano essere risolte e affrontate con semplici accorgimenti tecnico-progettuali e quali richiedono invece interventi consistenti, tenendo presente che anche l'intervento "pesante", se il fattore inquinante è particolarmente dannoso e pericoloso per la salute (ad esempio il radon), non può essere ignorato e presuppone chiare e "codificate" modalità di intervento.

In questo quadro, centrale e fondamentale è, come detto, il concetto di *Indoor Air Quality*. La IAQ può essere definita, controllata e regolata, a livello tecnico-progettuale: risulta infatti fondamentale, in tal senso, la scelta e la selezione dei materiali da costruzione, con particolare riferimento a quelli che interfacciano con lo spazio abitato (materiali dell'involucro edilizio, finiture interne, ecc.), dei materiali relativi agli arredi, degli impianti tecnici per il condizionamento invernale ed estivo degli ambienti e per la ventilazione, delle scelte architettoniche e delle strategie volte a promuovere la ventilazione passiva negli edifici (esposizione dell'edificio nei confronti dei flussi di ventilazione naturale, dispositivi e sistemi passivi per il ricambio naturale dell'aria, ecc.). La considerazione di tali aspetti fa riferimento a differenti discipline scientifiche tra le quali la Tecnologia dell'architettura riveste un ruolo centrale e sostanziale. Il testo affronta la tematica proprio dal punto di vista dell'architetto "tecnologo", quale è l'autore, Alberto De Capua, cogliendo l'importanza dell'approfondimento, della conoscenza adeguata e della divulgazione dei molteplici aspetti e problematiche inerenti il miglioramento della qualità ambientale indoor, in termini di natura e caratteristiche peculiari dei fattori in gioco, nonché in relazione alle differenti opzioni e soluzioni tecniche in grado di garantirne il controllo, andando quindi a definire una componente ambientale immateriale (l'aria e la sua qualità) attraverso scelte progettuali in ordine alle specifiche caratteristiche materico-costitutive e di assetto fisico dell'ambiente confinato.

*Domenico D'Olimpio*





**Pagine non disponibili  
in anteprima**



#### 4.3.4 Certificazione e qualità ambientale dei prodotti da costruzione

L'approvazione, con il D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246, del Regolamento di attuazione della Direttiva CEE 89/106 ha posto all'attenzione dei vari soggetti istituzionali e del sistema produttivo nazionale il problema dell'applicazione di una normativa complessa ed ancora incompleta. All'interno dei requisiti essenziali che i prodotti devono possedere per circolare liberamente in ambito europeo, la certificazione del requisito "Igiene, salute e ambiente" può sicuramente avere una grossa influenza sulla qualità dell'aria interna.

La necessità di permettere il libero scambio delle merci sui mercati europei ha, inoltre, fatto sorgere dei problemi che, più che relativi a garantire l'acquirente sulla qualità della merce e quindi tutelarne la sicurezza e la salute, spesso nascondono solo logiche di protezionismo nazionale.

La Direttiva CEE 89/106, il successivo D.P.R. 246/1993 e il Regolamento CEE 1992/880 hanno introdotto dei nuovi strumenti di qualificazione ecologica dei prodotti che hanno finalità diverse: il marchio di qualità, uno strumento di garanzia del prodotto e di tutela dei produttori; il marchio CE, necessario ai fini della circolazione dei prodotti in ambito europeo; l'etichettatura ecologica (Ecolabel), necessaria per la qualificazione dei prodotti in relazione al loro impatto ambientale.

Il D.P.R. 246/1993 è stato superato dal D. Leg.vo 16 giugno 2017, n. 106 sui materiali da costruzione, entrato in vigore il 9 agosto 2017, recante l'adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del Regolamento (UE) n. 305/2011 sulla marcatura CE dei prodotti da costruzione. Il testo adegua la normativa nazionale sui materiali da costruzione alle disposizioni europee, semplificandola e rendendola più trasparente, e fissa le regole da rispettare in questo mercato per garantire la sicurezza e la qualità delle costruzioni. Le nuove regole sui materiali da costruzione prevedono, tra le altre cose, più responsabilità per produttori e progettisti e stabiliscono nuove sanzioni per chi non rispetta l'obbligo di impiego di prodotti conformi al Regolamento UE. L'ANCE ha pubblicato una guida<sup>52</sup> alla nuova normativa di facile consultazione.

Il D. Leg.vo 106/2017 abroga e sostituisce il D.P.R. 246/1993, che costituiva l'attuazione italiana della precedente normativa europea sui prodotti da costruzione. Ad oggi, pertanto, riferimento operativo per la marcatura CE, la commercializzazione e l'utilizzo dei prodotti da costruzione rimane il Regolamento (UE) n. 305/2011, cui si aggiunge il decreto in oggetto, relativo agli aspetti di dettaglio lasciati al livello nazionale come l'autorizzazione degli organismi di valutazione, gli strumenti di controllo del mercato e le sanzioni per il mancato rispetto degli obblighi stabiliti dal Regolamento.

Di più specifico interesse per le imprese di costruzione è l'articolo 20 del D. Leg.vo 106/2017, che stabilisce le sanzioni per le diverse tipologie di soggetti in caso di violazione degli obblighi di impiego dei prodotti da costruzione.

### 4.4 COME CONDURRE LE INDAGINI

#### 4.4.1 Impostare la verifica di qualità

Lo sviluppo del "progetto di una verifica della qualità dell'aria" negli ambienti confinati richiede valutazioni sistematiche da effettuare in molte direzioni. La verifica deve riguardare sia l'individuazione del contaminante, o dei contaminanti, di cui si vuole misurare la presenza – e quindi la scelta degli apparecchi più consoni per le relative misurazioni –, sia la valutazione di tutti quei fattori che influenzano il verificarsi dei problemi di indoor air quality e possono modificare le concentrazioni interne dei contaminanti. Ulteriori valutazioni riguardano il numero dei punti nei quali si effettueranno le misure nell'edificio in esame, la durata delle misure stesse ed eventualmente il numero degli edifici da esaminare. I programmi di verifica della qualità dell'aria contenuta negli ambienti vengono intrapresi allo scopo di poter individuare le relazioni che esistono tra la concentrazione interna dei contaminanti ed uno o più fattori del bilancio di massa (ad esempio, la determinazione dell'impatto dell'emissione di un contaminante da una fonte interna specifica o la valutazione della qualità dell'aria negli ambienti conseguente all'applicazione di programmi di climatizzazione su vasta scala) e vengono di solito discussi in due fasi:

I fase - sviluppo di un piano di ricerca preliminare;

II fase - sviluppo di un dettagliato progetto di verifica in campo.

#### *I fase. Sviluppo di un piano di ricerca preliminare*

È la messa a punto delle "ragioni" per le quali si deve effettuare la verifica della qualità dell'aria negli

ambienti confinati. Il risultato del processo è un piano di ricerca preliminare che diventa il dato di partenza per lo sviluppo della progettazione in dettaglio del sistema da adottare per l'effettuazione delle necessarie misure in campo.

Tale processo comprende tre differenti momenti.

- A) Sviluppo degli obiettivi della verifica: gli obiettivi della verifica identificano quali sono i contaminanti da misurare; qual è l'importanza relativa dei contaminanti da misurare nel caso ce ne sia più di uno; quali sono gli altri fattori da misurare e quali sono le possibili alternative di progettazione che possono essere prese in considerazione. Gli obiettivi della verifica possono essere quindi sviluppati ponendosi le seguenti domande:
  - quali tra i contaminanti sono, nel caso considerato, importanti da misurare?
  - quali altri fattori devono essere misurati per poter raggiungere gli obiettivi della verifica?
  - quali sono le più importanti alternative e considerazioni da effettuare per quanto riguarda il lavoro di verifica?
  - per quali domande non si potrà trovare risposta tramite la verifica che ci si prefigge?
- B) Identificazione della strumentazione necessaria per le misure e definizione del campo di campionatura<sup>53</sup>: con il termine “*strumentazione per le misure interne*” si intendono sia le *apparecchiature di misura* vere e proprie, sia i *metodi di indagine*. Mentre le apparecchiature di misura sono in grado di fornire una serie di dati che verranno poi analizzati in laboratorio, i metodi di indagine richiedono invece procedure per la registrazione di proprietà fisiche della struttura dell'edificio esaminato o di attività che hanno luogo in esso.
- C) Sviluppo della progettazione di massima: in questa fase tutti i dati fin qui puntualizzati vengono integrati tra loro e considerati simultaneamente. Le domande a cui rispondere in questa fase sono del tipo:
  - quali tipi di strutture e quanti edifici sono implicati nella verifica?
  - quali tipi di attività si svolgono negli edifici in esame?
  - lungo quale periodo di tempo devono venire effettuate le misure di ogni contaminante?
  - quando si deve effettuare la verifica?
  - oltre ai contaminanti, quali altri fattori devono essere misurati e come tali misure vanno integrate con quelle relative ai contaminanti stessi?

#### *Il fase. Sviluppo di un dettagliato progetto di verifica in campo*

I sei ulteriori passi che sono necessari per trasformare un piano di ricerca preliminare in un progetto di verifica sono:

- A) Scelta della strumentazione: la scelta viene generalmente guidata dagli obiettivi da raggiungere, dalle stime preliminari della grandezza della campionatura, dal grado richiesto di dettaglio spaziale e temporale ed infine dalle risorse disponibili.
- B) Determinazione della dimensione e dello schema della campionatura: la scelta preliminare delle apparecchiature di misura e la stima precedentemente effettuata per il campo di grandezza della campionatura possono essere dei buoni punti di partenza. La dimensione della campionatura (cioè la quantità totale dei campioni d'aria da considerare) dipende, oltre che dagli obiettivi specifici del progetto della verifica, anche dai seguenti fattori: contaminante da osservare, tipo di edificio oggetto della verifica, dislocazione geografica nella quale la verifica deve aver luogo, stagione dell'anno durante la quale deve aver luogo la verifica, determinazione dei giorni della settimana della verifica, lunghezza dell'intervallo di tempo durante il quale ogni campione va prelevato.
- C) Determinazione delle specifiche per le misure e per la scelta della campionatura: in questa fase vengono sviluppati in parallelo due tipi di specifiche: quello relativo alle scelte delle unità di campionatura e quello relativo all'esecuzione delle misure. Con la determinazione di tali specifiche il progetto della verifica è quasi ultimato.
- D) Prove della strumentazione (se necessarie): lo scopo di tali prove è di analizzare il comportamento dell'apparecchiatura con concentrazioni e condizioni operative simili a quelle che ci si aspetta di trovare in campo.
- E) Conduzione delle prove preliminari: lo scopo delle prove preliminari è l'esecuzione su piccola scala di rilievi che siano il più possibile simili alle misure che saranno effettuate nella realtà. Questa fase va considerata inevitabile per quanto possa essere “*tentatrice*” l'idea di partire il più



**Pagine non disponibili  
in anteprima**





## Il controllo sul progetto

Valutazione del grado di influenza sulla concentrazione indoor<sup>1</sup>

A. ACQUISIZIONE DATI SUI PARAMETRI GEOLOGICI DELL'AREA		
A.1. Principali litologie presenti nell'area ampia (r = 10 km)	Punteggio <sup>2</sup>	Presenza %
<i>Rocce ignee:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ultramafiche duniti, prosseniti e eclogiti</li> <li>• Mafiche</li> <li>• Diorite, quarzodiorite</li> <li>• Granito</li> <li>• Altre rocce effusive e intrusive silicee</li> <li>• Rocce intrusive alcaline</li> <li>• Tufi trachitici</li> </ul>	1 1 5 8 9 8 7	
<i>Rocce sedimentarie:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Argilla</li> <li>• Arenaria e conglomerato</li> <li>• Carbonati</li> <li>• Calcari</li> <li>• Fosforiti marine</li> <li>• Evaporiti</li> </ul>	5 4 1 1 8 4	
<i>Rocce metamorfiche:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Scisti</li> <li>• Gneiss</li> </ul>	5 5	
A.2. Caratteristiche geologico-strutturali dell'area <sup>3</sup>	Punteggio	Presenza %
Presenza di faglie nell'area	8	
Rocce fratturate	6	
Rocce compatte	0	

B. ACQUISIZIONE DATI SUI PARAMETRI GEOLOGICI DEL SITO		
B.1. Litologie del sito edilizio (r = 200 m)	Punteggio	Presenza
<i>Rocce ignee:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ultramafiche duniti, prosseniti e eclogiti</li> <li>• Mafiche</li> <li>• Diorite, quarzodiorite</li> <li>• Granito</li> <li>• Altre rocce effusive e intrusive silicee</li> <li>• Rocce intrusive alcaline</li> <li>• Tufi trachitici</li> </ul>	1 1 5 8 9 8 7	
<i>Rocce sedimentarie:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Argilla</li> <li>• Arenaria e conglomerato</li> <li>• Carbonati</li> <li>• Calcari</li> <li>• Fosforiti marine</li> <li>• Evaporiti</li> </ul>	5 4 1 1 8 4	
<i>Rocce metamorfiche:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Scisti</li> <li>• Gneiss</li> </ul>	5 5	
B.2. Caratteristiche geologico-strutturali del sito edilizio <sup>4</sup>	Punteggio	Presenza
<i>Caratteristiche infrastrutturali:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenza di faglie nell'area</li> <li>• Rocce fratturate</li> <li>• Rocce compatte</li> </ul>	10 8 0	
<i>Idrogeologia - presenza di falda:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Freatica</li> <li>• Profonda</li> <li>• Assenza di falda</li> </ul>	8 3 0	

C. ACQUISIZIONE DATI SUI PARAMETRI GEOLOGICI DELL'AREA		
C.1. Rapporto edificio-terreno <sup>5</sup>	Punteggio	Presenza
Solaio poggiato sul terreno	10	
Vespaio	5	
Solaio rialzato	1	
Utilizzo di blocchi di CLS cavi (solaio poggiato sul terreno)	8	
Utilizzo di blocchi di CLS cavi (solaio su vespaio)	4	
Utilizzo di blocchi di CLS cavi (solaio rialzato)	0	
Utilizzo di blocchi di CLS in piastre (solaio poggiato sul terreno)	6	
Utilizzo di blocchi di CLS in piastre (solaio su vespaio)	3	
Utilizzo di blocchi di CLS in piastre (solaio rialzato)	0	
C.2. Approvvigionamento idrico <sup>6</sup>	Punteggio	Presenza %
Utilizzo di acqua attinta da pozzi privati	10	
Prelievo di acqua da acquedotti	0	

D. ACQUISIZIONE DATI SUI RELATIVI ALL'ABITAZIONE		
D.1. Costruzione degli elementi tecnici	Punteggio	Presenza
Cementi pozzolanici	6	
Cementi portland	3	
Calcestruzzo	4	
Laterizi	3	
Calcestruzzo con scisto alluminifero	9	
Granito	7	
Tufo	8	
Gesso (pannelli in gesso)	2	
Legno	0	
D.2. Piani dell'abitazione <sup>7</sup>	Punteggio	Presenza %
<i>Edificio sollevato:</i>		
• Primo piano o piani superiori	0	
<i>Edificio con seminterrato normalmente isolato:</i>		
• Seminterrato	10	
• Piano terra	7	
• Primo piano	4	
• Piani superiori	1	
<i>Edificio sollevato normalmente comunicante:</i>		
• Seminterrato	8	
• Piano terra	8	
• Primo piano	5	
• Piani superiori	1	
<i>Edificio senza seminterrato:</i>		
• Piano terra	7	
• Primo piano	5	
• Piani superiori	0	
D.3. Ventilazione dei piani dell'edificio	Punteggio	Presenza %
Assente	10	
< 2 ach (air changing/hour)	5	
> 2 ach	0	

### Interpretazione dei risultati

Una volta compilata la check-list si possono calcolare:

- Coefficiente di emissione di radon dal sito edilizio (S.1)

$$S.1 = (B.2/10) \times [A.1 \times (A.2/10) + B.1] / 2$$

Dove:  $0 < S.1 < 10$



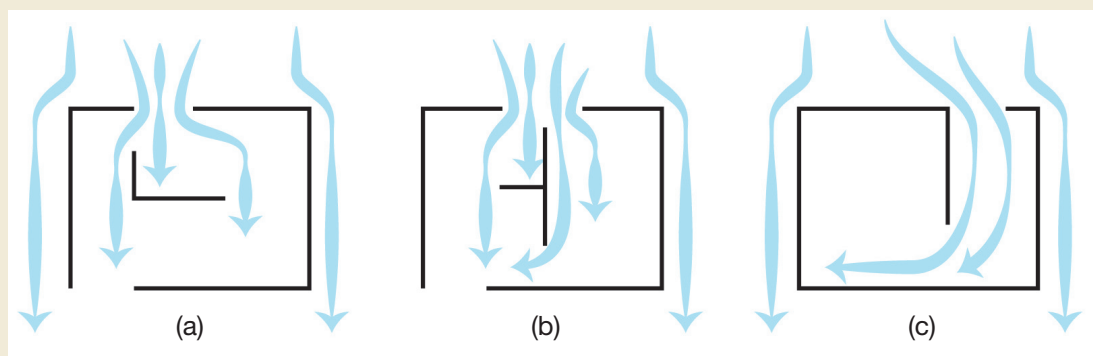
**Pagine non disponibili  
in anteprima**



## 9.2 MOTI D'ARIA SU PARETI ESTERNE E FLUSSI INTERNI

### Configurazione delle pareti interne e loro dislocazione

Per stabilire un flusso d'aria è necessaria la presenza di più aperture collocate su pareti esterne diverse, in modo da avere valori di pressione di vento differenziati in corrispondenza di ciascuna di esse. Per destinazioni residenziali il caso di ambiente con più di un affaccio è poco frequente e la ventilazione dell'alloggio è ottenuta coinvolgendo contemporaneamente più di un vano. L'entità e l'andamento del flusso dipendono quindi dalle caratteristiche complessive dell'alloggio e dalla posizione di tutte le aperture, sia quelle di comunicazione diretta con l'esterno, sia quelle di comunicazione fra gli ambienti interni. Per non interferire con l'andamento del flusso d'aria riducendone la portata, queste ultime devono essere collocate lungo il percorso che l'aria seguirebbe in assenza di partizioni interne.



### Rapporto dimensione finestra / parete

La dimensione di un'apertura considerata singolarmente non è determinante ai fini della ventilazione: la portata del flusso d'aria è funzione della dimensione complessiva delle aperture e del rapporto dimensionale tra le due aperture di entrata e di uscita, oltre che della velocità del vento. Per aperture contrapposte la relazione tra la portata del flusso d'aria  $Q$ , la superficie dell'apertura di entrata  $A_e$  e la velocità del vento  $V$  è espressa da:

$$Q = k \times A_e \times V$$

Dove  $k$  è una costante che tiene conto del rapporto dimensionale tra le aperture.

*Incrementi della superficie delle aperture necessari per ottenere la medesima portata del flusso con differenti rapporti dimensionali tra le aperture di entrata e di uscita.*

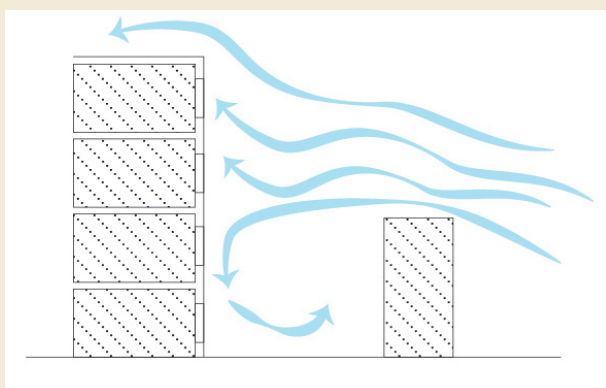
Au / Ae	Ae	Au	Ae + Au	Q(ft <sup>3</sup> / h)
1/4	2,9	0,7	3,6	1.100
1/2	1,6	0,8	2,4	2.000
3/4	1,2	0,9	2,0	2.700
1/1	1,0	1,0	2,0	3.150
2/1	0,8	1,6	2,4	4.000
3/1	0,7	2,2	3,0	4.250
4/1	0,7	2,9	3,6	4.350
5/1	0,7	3,6	4,3	4.400

- Au / Ae = rapporto dimensionale tra le aperture di entrata e di uscita
- Ae = superficie dell'apertura di entrata
- Au = superficie dell'apertura di uscita
- Ae + Au = superficie complessiva delle aperture
- Q = portata

## Posizione dell'infisso nella parete esterna

### *Altezza dell'apertura rispetto al terreno*

Generalmente la velocità del vento aumenta in relazione all'altezza e le aperture sono esposte a pressioni di vento crescenti al crescere delle loro altezze rispetto al terreno. Per un edificio isolato tale aumento è graduale, dato che l'effetto di rallentamento del vento dovuto all'attrito col terreno diminuisce progressivamente all'aumentare della distanza dal terreno. Per edifici collocati all'interno di contesti urbani, la variazione della velocità del vento che investe una facciata è influenzata dalla disposizione e dall'altezza degli edifici circostanti e la differenza tra velocità del vento registrabile ai piani alti e bassi dell'edificio è maggiore.



La posizione dell'apertura di entrata rispetto alla parete esterna definisce l'angolazione con la quale il flusso d'aria penetra attraverso l'apertura e, dato che esso prosegue per inerzia seguendo la medesima direzione, non varia il percorso del flusso all'interno degli ambienti. In riferimento ad una parete esposta in direzione normale, collocazioni delle aperture centrali rispetto alla parete esterna determinano flussi ad andamento rettilineo. In tal caso infatti il flusso d'aria in entrata è perpendicolare all'apertura e prosegue all'interno mantenendo la medesima direzione. Aperture collocate in prossimità dell'angolo dell'edificio ricevono flussi d'aria inclinati rispetto al piano dell'apertura, che penetrano all'interno conservando tale inclinazione.

