



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI MEDICINA E CHIRURGIA

Corso di Laurea in Tecniche della Prevenzione negli Ambienti di
Vita e nei Luoghi di Lavoro

**LO STATO DI BENESSERE NEGLI AMBIENTI
INDOOR**

Relatore:
Prof.ssa Lory Santarelli

Tesi di Laurea di:
Francesca Pieroni

A.A. 2021/2022

SOMMARIO	
1 INTRODUZIONE ALLA NORMATIVA	1
2 INTRODUZIONE	3
3 IL CLIMA INDOOR:	8
3.1 L'UMIDITÀ RELATIVA	8
3.2 L'UMIDITÀ RELATIVA E LO SVILUPPO DELLE MUFFE	9
3.3 LA TEMPERATURA NELL' AMBIENTE INDOOR E IL VESTIARIO.....	13
3.3.1 IL MECCANISMO DI TERMOREGOLAZIONE	17
3.4 LA TEMPERATURA MEDIA RADIANTE	18
3.4.1 L'AERAZIONE E IL MOVIMENTO DELL'ARIA NEGLI AMBIENTI INDOOR	18
3.5 L'ILLUMINAZIONE.....	20
3.5.1 LA POSIZIONE DELLE SORGENTI LUMINOSE	22
3.5.2 EFFETTI DELLA SALUTE LEGATI AL MICROCLIMA - FATTORI LEGATI ALLA TEMPERATURA, UMIDITÀ E ILLUMINAZIONE DEGLI AMBIENTI INDOOR.....	22
4 L'IMPORTANZA NELLA SCELTA DEI MATERIALI	23
4.1 I MATERIALI DA SCEGLIERE: QUELLI BIOECOLOGICI	27
5 I DETERMINANTI DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	28
5.1 GLI INQUINANTI NEGLI AMBIENTI DOMESTICI E DI LAVORO.....	28
5.2 I COMPOSTI ORGANICI VOLATILI (COV).....	29
5.2.1 L' ALTERAZIONE DELLO STATO DI SALUTE	30
5.2.2 COME RIDURRE L' ESPOSIZIONE	31
5.3 UN CASO SPECIFICO: LA FORMALDEIDE	31
6 GLI INQUINANTI CHIMICI DERIVANTI PREVALENTEMENTE DA FONTI DI COMBUSTIONE	32
6.1 IL MONOSSIDO DI CARBONIO	32
6.2 IL BISSIDO DI AZOTO	34
6.3 IL FUMO DI TABACCO.....	35
6.4 L'ANIDRIDE SOLFOROSA	35
7 LE FIBRE MINERALI NATURALI E ARTIFICIALI	36
8 I CONTAMINANTI DI NATURA BIOLOGICA	37
9 GLI INQUINANTI DI NATURA FISICA	39

9.1 L'INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO	39
9.2 IL RADON E SUOI PRODOTTI DI DECADIMENTO	41
10 GLI EFFETTI DEGLI INQUINANTI NEGLI AMBIENTI CONFINATI - CONSEGUENZE PER LA SALUTE UMANA	43
10.1 LE MALATTIE CORRELATE ALL'EDIFICIO E LA SINDROME DA EDIFICIO MALATO.....	43
10.2 LA MALATTIA DEL LEGIONARIO.....	44
10.3 LA POLMONITE DA IPERSENSIBILITÀ.....	46
10.4 LA SENSIBILITÀ CHIMICA MULTIPLA.....	47
11 IL CONTROLLO DELL'INQUINAMENTO ALL'INTERNO DEGLI EDIFICI.....	48
11.1 IL MONITORAGGIO DELLE SOSTANZE INQUINANTI E IL CONTROLLO DEGLI INQUINANTI INDOOR	48
11.2 TECNICHE DI INTERVENTO E DI CONTROLLO SULLE FONTI INQUINANTI DELL'ARIA INTERNA	52
RIDUZIONE DELLE SORGENTI DI INQUINANTI	52
RIMOZIONE DEGLI INQUINANTI ALLA FONTE	53
DILUIZIONE DEGLI INQUINANTI	53
12 LE NORME RELATIVE ALL'INQUINAMENTO INDOOR NELL'AMBIENTE DI LAVORO	54
13 APPROFONDIMENTO SUL D.LGS. n. 81/2008	56
14 CONCLUSIONI	57
15 BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	58
16 RINGRAZIAMENTI	68

1 INTRODUZIONE ALLA NORMATIVA

Per “ambiente indoor”, secondo l’Accordo del 27/09/01¹, si intendono tutti quegli ambienti confinati di vita e di lavoro non industriali e quelli adibiti a dimora, svago e trasporto. Secondo questo criterio, l’ambiente indoor comprende: le abitazioni, gli uffici pubblici e privati, le strutture comunitarie (ospedali, scuole, caserme alberghi, banche, etc.), i locali destinati ad attività ricreative e/o sociali (cinema, bar, ristoranti, negozi,

strutture sportive, etc.) e mezzi di trasporto pubblici e/o privati (auto, treno, aereo, nave, etc.). Negli ambienti confinati si generano gli inquinanti indoor che in azione singola o sinergica, determinano una diminuzione del comfort ambientale e automaticamente un rischio per la salute². Uno studio condotto dall'IEMB (Indoor Environment Management Branch) dell'EPA (Environmental Protection Agency) nel 1998³, relativamente al rapporto indoor/outdoor tra le concentrazioni e le esposizioni a diversi inquinanti dell'aria, ha stimato che le concentrazioni indoor riscontrate sono circa da 1 a 5 volte maggiori rispetto a quelle outdoor e che l'esposizione indoor è da 10 a 50 volte superiore all'esposizione outdoor. Degli inquinanti considerati solo l'ozono e il biossido di zolfo sono prevalenti in ambiente outdoor. Per la prima volta, dal punto di vista legislativo, in Italia il 22 dicembre 1888 è stata emanata la legge n. 5849 sulla salute "Sull'ordinamento dell'amministrazione e dell'assistenza sanitaria del Regno – legge Crispi-Pagliani"⁴. Il titolo III è intitolato "Dell'igiene del suolo e dell'abitato" e all'articolo 39 sono indicati i requisiti fondamentale che una abitazione deve soddisfare per essere abitabile. Cito alcune lettere del suddetto articolo: "Le case di nuova costruzione, od in parte rifatte, non possono essere abitate se non dopo autorizzazione del sindaco; il quale l'accorderà sol quando, previa ispezione dell'ufficiale sanitario o di un ingegnere a ciò delegato, sia dimostrato: a) essere le mura convenientemente prosciugate; b) non esservi difetto di aria e di luce; c) essersi provveduto allo smaltimento delle acque immonde, delle materie escrementizie e di altri rifiuti, in modo da non inquinare il sotto-suolo e secondo le altre norme prescritte dal regolamento locale di igiene; d) essere le latrine, gli acquai e gli scaricatori costruiti e collocati in modo da evitare le esalazioni dannose e le infiltrazioni; e) essere l'acqua potabile nei pozzi o in altri serbatoi o nelle condutture guarentita da inquinamento; f) non esservi altra manifesta causa d'insalubrità; g) di essersi infine osservate le altre più particolari che sulla materia fossero fatte dal sopracitato regolamento locale di igiene." Dopo circa 10 anni le norme tecniche inerenti ai Regolamenti locali di igiene e delle costruzioni furono modificate dalle Istruzioni Ministeriali del 20 giugno 1896⁵, periodo in cui gli aggregati urbani cominciavano ad ampliarsi e quindi ad avere bisogno di una pianificazione e regolamentazione urbanistica. Successivamente le norme tecniche vengono modificate con il Decreto Ministeriale 05/07/1975⁶. Suddetto Decreto va a modificare le precedenti norme, relativamente all'altezza minima ed ai requisiti igienico-sanitari principali dei locali d'abitazione, risalenti al secolo precedente

(contenute nelle istruzioni ministeriali 20 giugno 1896) e non più adatte a garantire un'abitazione moderna e salubre. Il progetto di un'abitazione deve essere conforme, oltre che ai regolamenti urbanistico-edilizi, alle norme sul risparmio idrico, energetico e alle barriere architettoniche, anche ai requisiti igienico-sanitari, stabiliti dal D.M. 5 luglio 1975, al fine di garantirne la salubrità e tutelare la salute di chi vi abita e poter ottenere dal Comune, l'agibilità (o abitabilità). In ambito di agibilità i Comuni, nella propria autonomia statutaria e normativa (di cui all'articolo 3 del Decreto Legislativo 18 agosto 2000, n. 267⁷), disciplinano l'attività edilizia attraverso il Regolamento Edilizio comunale. Esso deve contenere la disciplina delle modalità costruttive, con particolare riguardo al rispetto delle normative tecnico-estetiche, igienico-sanitarie, sulle barriere architettoniche e di sicurezza e degli immobili e delle pertinenze degli stessi. Il Decreto Legislativo 222/2016⁸, modificando l'art.24 del DPR 380/2001, ha soppresso il certificato di agibilità che veniva rilasciato dal comune, previa verifica della conformità edilizia. Ora è il tecnico stesso che certifica la sussistenza delle condizioni di sicurezza, igiene, salubrità, risparmio energetico degli edifici e degli impianti negli stessi installati, nonché la conformità dell'opera al progetto presentato, attraverso la Segnalazione Certificata di Agibilità (SCA) da depositare in Comune, entro 15 giorni dall'ultimazione dei lavori.

2 INTRODUZIONE

Dalla fine della Seconda Guerra Mondiale gli effetti sulla salute a causa dell'inquinamento indoor sono stati studiati con crescente intensità. Indubbiamente hanno contribuito alcuni fattori a fare accrescere l'importanza di questo fenomeno; primo fra tutti la progressiva "terziarizzazione" delle attività: numerosi studi inerenti l'utilizzo del tempo da parte di diversi gruppi di popolazioni nei paesi maggiormente sviluppati hanno dimostrato che le persone trascorrono pochissimo tempo all'aperto (mediamente il 2% delle 24 ore nel caso di adulti impegnati nei giorni infrasettimanali), il 60% del tempo viene trascorso a casa, il 30% a lavoro e il restante 8% all'interno di altre strutture o nei mezzi di trasporto⁹. Il peggioramento dell'aria indoor è imputabile a diverse cause, come per esempio alla crisi delle risorse energetiche mondiali (legata alla crisi del Medio Oriente) avvenuta intorno agli anni Settanta, quando per evitare sprechi energetici, si preferiva costruire strutture edilizie sempre più isolate rispetto all'ambiente esterno grazie

alla massiccia introduzione di isolanti termici e sintetici che comportavano una minor presenza di infiltrazioni d'aria, di ventilazione e all'aumento del ricircolo dell'aria interna. Inoltre furono introdotti nuovi elementi strutturali, anche di dotazione tecnologica (materiali da costruzione, rivestimenti vari, impianti di riscaldamento e condizionamento); avvennero rilevanti modifiche degli arredi fissi e mobili (a livello di nuovi materiali e nuovi prodotti di trattamento e pulizia/manutenzione); vennero introdotti nuovi strumenti di lavoro (fotocopiatrici, stampanti laser, video terminali); cambiò la modalità d'uso degli spazi, influenzata dallo stile di vita e di lavoro ed infine anche la frequente presenza di fumo di sigaretta negli ambienti confinati giocò un ruolo fondamentale nella concentrazione di inquinanti dannosi¹⁰. Alla luce di questi eventi è stato rilevato che la fonte di esposizione principale ad alcuni inquinanti è rappresentata dalla contaminazione indoor. Vi è quindi ad oggi una crescente consapevolezza che la qualità dell'ambiente interno può influire sulla nostra salute e sul nostro benessere. La definizione di inquinamento indoor è “qualsiasi alterazione delle caratteristiche chimico, fisiche e biologiche dell'aria, determinata sia da variazioni di concentrazione dei suoi normali costituenti sia e, soprattutto, dalla presenza di sostanze estranee alla sua composizione normale in grado di determinare effetti di danno e/o molestia all'uomo”. Un'altra definizione è quella data dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio nel 1991: “La presenza nell'aria di ambienti confinati di contaminanti fisici, chimici e biologici non presenti naturalmente nell'aria esterna di sistemi ecologici di elevata qualità¹¹”. La qualità dell'aria interna (IAQ), in particolare, ha un impatto su molteplici esiti sanitari, tra cui malattie respiratorie e cardiovascolari, sintomi allergici, tumori e mortalità prematura. Ad oggi l'inquinamento indoor è responsabile del 2,7% del carico globale di malattia nel mondo¹². Il problema ancor più gravoso è che alcune fasce della popolazione particolarmente recettive nei confronti degli inquinanti indoor (gli anziani, gli asmatici, i bronchitici e i bambini) possono vivere anche gran parte del loro tempo in ambienti chiusi. In Europa, per esempio, il 4,6% delle morti per tutte le cause nei bambini da 0 a 4 anni è imputabile all' inquinamento indoor, in particolare per infezioni respiratorie acute. In alcuni Paesi europei il 20-30% delle famiglie ha problemi di umidità nelle abitazioni con un conseguente aumento del 50% del rischio di disordini respiratori e il 13% di casi di asma infantile. L'asma colpisce la popolazione adulta europea nella misura del 3-8%, mentre la prevalenza nella popolazione pediatrica è ancora

maggiore¹³. A fronte di ciò, il Parlamento Europeo con la decisione n. 1386/2013/UE , del 20 novembre 2013, chiamato “Programma generale di azione dell’Unione in materia di ambiente fino al 2020” –“Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta” ha posto con il settimo programma di azione in materia ambientale l’obiettivo di raggiungere livelli di qualità dell’aria che non presentino impatti o rischi significativi per la salute umana e l’ambiente, richiamando nello specifico la necessità di garantire un significativo miglioramento della qualità dell’aria esterna nell’Unione, accompagnato da un miglioramento della qualità dell’aria interna, sulla base dei pertinenti orientamenti dell’OMS (Intesa tra Stato e Regioni e Province Autonome, ai sensi dell’articolo 8, c. 6, Legge 5 giugno 2003, n. 131, sulla proposta del Ministero della salute concernente il Piano nazionale per la prevenzione per gli anni 2014-2018, del 13 novembre 2014). In Italia il Piano Nazionale della Prevenzione 2014-2018 dispone il conseguimento di dieci macro-obiettivi nel quinquennio considerato; tra cui la riduzione del carico prevedibile ed evitabile di morbosità, mortalità e disabilità delle malattie non trasmissibili (macro-obiettivo 2.1) e la diminuzione delle esposizioni ambientali teoricamente dannose per la salute (macro-obiettivo 2.8). Questi macro-obiettivi si riferiscono all’inquinamento dell’aria indoor come determinante di salute sul quale agire, sia per i livelli di inquinamento dell’aria indoor che sono maggiori rispetto a quelli outdoor per numerose classi di inquinanti e considerata la prolungata permanenza della popolazione all’interno degli ambienti chiusi. Il Piano riporta i risultati di una valutazione quantitativa dell’impatto sulla salute e dei costi diretti/anno attribuibili all’inquinamento indoor in Italia, che risulta pari ad un costo complessivo annuo superiore a 152-234 milioni di euro. La Tabella 1 fornisce solo le stime minime del numero di casi di malattia o di decesso attribuibili annualmente in Italia, avendo considerato i 5 inquinanti associati a effetti più gravi (allergeni, radon, fumo di tabacco, benzene, monossido di carbonio).

Inquinante	Malattia	Impatto sanitario	Costi diretti in euro
Allergeni (acari, muffe, forfore animali)	Asma bronchiale (bambini e adolescenti)	>160.000 casi prevalenti/anno	> 80 milioni
Radon	Tumore del polmone	1500-6000 decessi/anno	25-105 milioni

Fumo di tabacco	Asma bronchiale (bambini e adolescenti)	>30.000 casi	> 15 milioni
	Infezioni acute delle vie aeree superiori e inferiori	>50.000 nuovi casi l'anno	non valutabile
	Tumore del polmone	>500 decessi l'anno	> 9 milioni
	Infarto del miocardio	>900 decessi l'anno	> 7,5 milioni
Benzene	Leucemia	36-190 casi l'anno	0,5-3,5 milioni
Monossido di carbonio	Intossicazione acuta da monossido di carbonio	> 200 decessi l'anno	0,5 milioni

Tabella 1. Valutazione quantitativa dell’impatto sulla salute della popolazione e dei costi diretti per l’assistenza sanitaria attribuibile ogni anno agli inquinanti indoor in Italia²⁸. La presenza di inquinanti all’interno degli ambienti è principalmente determinata dal microclima inteso come nell’Accordo tra il Ministro della Salute, le Regioni e le Province autonome (“Linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati”) come: “il complesso dei parametri ambientali che condizionano lo scambio termico soggetto-ambiente” e secondo la definizione adottata dall’Accordo del 18/11/2010 n. 124, emanato dalla Conferenza Unificata, ai sensi dell’articolo 9 del Decreto Legislativo 27 agosto 1997, n. 281, tra Governo, Regioni, Province autonome di Trento e Bolzano, Province, Comuni e Comunità montane concernente le linee di indirizzo per la prevenzione nelle scuole dei fattori di rischio indoor per allergie e asma: “l’insieme delle condizioni ambientali, riferite ad un ambiente confinato, determinate da temperatura, umidità, irraggiamento, ventilazione, in grado di influire sul benessere termico dell’individuo che lavora in quell’ambiente”. Si fa presente inoltre che il Decreto Legislativo 81/2008, normativa sulla Tutela della Salute e Sicurezza dei Lavoratori, classifica, nel Titolo VIII (art. 180), il microclima tra gli agenti fisici che, ai sensi dell’art. 181, devono essere compresi nella valutazione dei rischi. Inoltre, all’allegato IV, vengono

elencati i “Requisiti dei luoghi di lavoro”. Nello specifico, il punto 1.9 tratta del Microclima. Il punto 1.9.1 è incentrato sull’ “Aereazione nei luoghi di lavoro chiusi”, il punto 1.9.2 sulla “Temperatura dei locali” e il punto 1.9.3 sull’ “Umidità”. Ai fini di un inquadramento dei fattori che influenzano il microclima di un ambiente indoor, è da considerare che l’ambiente confinato è una porzione di spazio materiale separato dall’ambiente esterno mediante una superficie di controllo/confine (pareti/involucro edilizio) che consente scambi termici e di massa (aria, vapore acqueo) con l’ambiente esterno. Inoltre, gli scambi termici avvengono anche tra ambiente e oggetti presenti nell’ambiente stesso e tra ambiente e persone che lo occupano. Il microclima è strettamente correlato al benessere. Infatti, la definizione di microclima correlata al benessere è “il complesso dei parametri fisici e ambientali che caratterizzano l’ambiente locale e che, insieme a parametri individuali quali l’attività metabolica e l’abbigliamento, determinano gli scambi termici fra l’ambiente stesso e gli individui che vi operano all’interno”. Il microclima influenza il benessere ambientale dell’individuo, inteso sia come stato mentale sia come stato fisico di piacevolezza. In questo secondo caso il benessere ambientale è quella condizione di comfort realizzata tramite un equilibrio tra individuo e ambiente circostante, prevalentemente legato a fattori termici e igrometrici. Il microclima complessivo è determinato dall’ Indoor Air Quality (rappresentata dalla qualità dell’aria dell’ambiente confinato) che comprende inquinanti di diversa natura: chimica, fisica e biologica e dal clima indoor che ha come parametri di valutazione il clima outdoor con le sue variazioni (temperatura, umidità, irraggiamento solare, vento); le caratteristiche dell’ambiente esterno in grado di influenzare le interazioni dirette tra parametri microclimatici e climatici (barriere al vento, effetti canyon, ombreggiamenti, specchi d’acque superficiali); le caratteristiche tecnologiche e costruttive dell’ambiente in esame (architettura, materiali e prodotti impiegati, impianti di controllo del microclima); l’uso degli ambienti e le abitudini di vita degli occupanti; gli scambi termici di aria e di acqua che avvengono con l’esterno e gli scambi termici e di acqua (aerosol, umidità) tra l’ambiente interno e gli elementi ivi presenti. Sotto l’aspetto del benessere termo-igrometrico i parametri variabili nel tempo e nello spazio, che influenzano il clima di un ambiente indoor, sono i seguenti¹⁴:

3 IL CLIMA INDOOR:

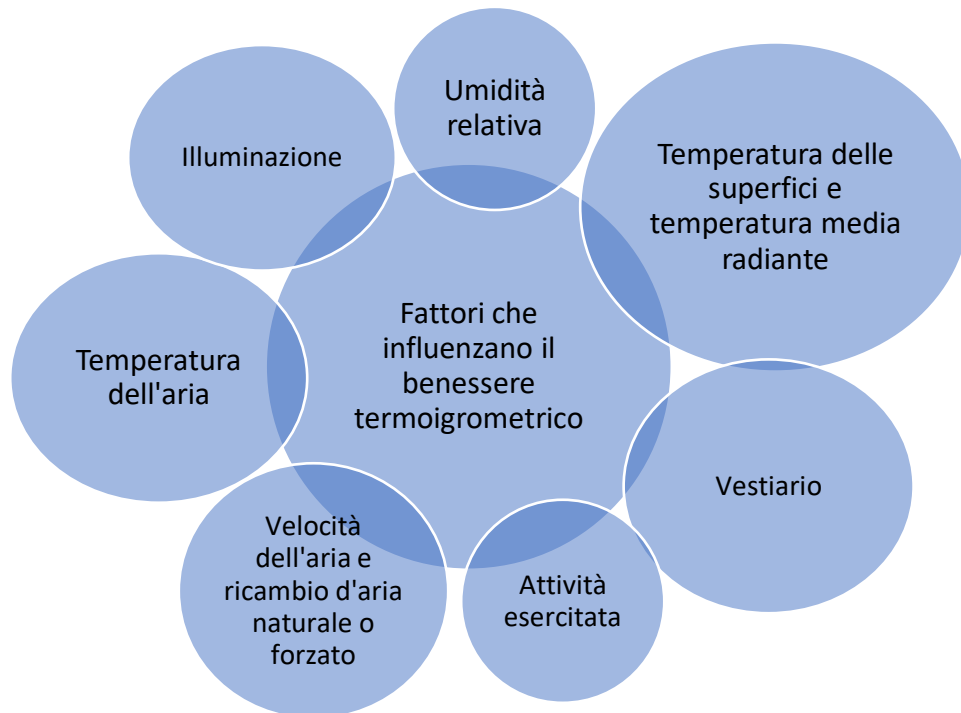


Figura1. Tali fattori sono strettamente correlati tra loro: il benessere microclimatico dipende dalla loro combinazione. Tengo a precisare che il benessere termo-igrometrico o comfort termo-igrometrico, è lo stato psico-fisico nel quale il soggetto esprime soddisfazione nei confronti dell'ambiente termico, definito come il complesso dei parametri ambientali e soggettivi che determinano la sensazione termica.

3.1 L'UMIDITÀ RELATIVA

Le sorgenti di immissione di umidità possono essere di origine sia naturale come per esempio la pioggia, umidità del suolo, falde acquifere, ghiaccio e neve fondenti, superfici di specchi d'acqua; sia artificiale come guasti in condutture di adduzione acqua e di smaltimento reflui, processi industriali limitrofi, sistemi di riscaldamento e raffrescamento e impianti di trattamento dell'aria. Le origini dell'umidità più persistenti e frequenti sono: meteorica, dovuta all'acqua piovana che bagnando la parete esterna penetra nella muratura anche per tutto il suo spessore; da condensazione, dovuta a differenze di temperatura tra aria (miscela aria/vapore d'acqua) e le superfici di contatto più fredde, dove avviene la condensazione. Per effetto della diversa conduttività termica e della porosità dei materiali si può avere condensazione anche per la presenza di tubazioni sottotraccia. L'umidità può provenire inoltre da infiltrazioni, dovute a cause

impreviste (rotture di tubazioni, fognature, ecc.) e da risalite provenienti dal terreno (tipicamente falde freatiche) che risalgono nelle murature per capillarità. Le prime tre sono legate ad eventi stagionali e straordinari. L'umidità da risalita capillare è invece un fenomeno che si manifesta durante tutto il corso dell'anno. Le sorgenti indoor di umidità sono per lo più imputabili alla presenza di persone, animali e piante (respirazione/traspirazione), di vasche e sifoni a pelo d'acqua libero, di piscine, fontane, lavatoi e alle attività delle persone occupanti l'ambiente come, per esempio, la cottura (sia per combustione sia per evaporazione), lavaggio e asciugatura di indumenti e di stoviglie, bagni, docce, pulizia degli ambienti, innaffiamento. Anche i materiali da costruzione sprigionano umidità, infatti possono avvenire fenomeni di evaporazione di acqua residua presente nelle strutture e nei materiali durante i lavori di costruzione, ristrutturazione o manutenzione. La presenza di persone e relativa attività può influire oltretutto in funzione della densità di affollamento e dalla attività svolta. Ad esempio, l'apporto di umidità, tramite l'evaporazione del sudore e il vapore d'acqua emesso con la respirazione, incrementa l'umidità relativa anche di 10 punti percentuali, in caso di notevoli densità di persone e con rispettivi sforzi fisici elevati, come ad esempio nelle palestre al chiuso^{15 16}.

Nella Tabella 2 riporto diversi tipi di attività e la loro emissione di vapore acqueo:

TIPO DI ATTIVITÀ	VAPORE ACQUEO PRODOTTO
Sonno – attività leggera (g/h persona)	30-60
Seduto in ufficio o abitazione (g/h persona)	80
Sala da ballo – danza moderata (g/h persona)	230
Asciugatura del bucato (g/h persona)	50-200
Cucina (g/h persona)	600-1500
Doccia (g/h persona)	2600

Tabella 2.

3.2 L'UMIDITÀ RELATIVA E LO SVILUPPO DELLE MUFFE

L'umidità è strettamente correlata alla formazione di muffe negli edifici e rappresenta un problema nocivo per la salute soprattutto per le persone con un sistema immunitario indebolito (anziani, bambini e soggetti allergici), considerati particolarmente a rischio.

La cosiddetta stagione delle muffe negli spazi confinati inizia durante i mesi invernali quando gli sbalzi di temperatura tra gli interni e l'esterno sono particolarmente elevati e sui fondi umidi si formano aloni di funghi che durante la crescita formano un'infinità di spore, disperse a milioni nell'aria e continuamente respirate. Le muffe si nutrono di legno, cellulosa, fibre vegetali, colle e vernici contenenti sostanze proteiche. Possono comunque attecchire anche su superfici metalliche o plastiche in presenza di depositi nutrienti: tipico esempio è la proliferazione di colonie fungine sui rivestimenti isolanti e fonoassorbenti all'interno delle condotte dell'aria condizionata, con relativa diffusione di spore direttamente in ambiente. Alcune delle oltre 10.000 specie di aspergillo (muffa) costituiscono seri rischi per la salute delle persone. L'umidità normalmente presente in un ambiente lavorativo (o domestico) crea problemi se i locali non sono sufficientemente areati o se sono presenti punti critici dove si forma la condensa che porta poi allo sviluppo di muffe. In particolare, sono da evitare i cosiddetti "ponti termici" (quando una parte o zona d'involucro dell'edificio ha una resistenza termica che tende a valori prossimi allo zero) perché la condensa sulle murature si forma principalmente quando: la parete è isolata male, il locale ha un'areazione insufficiente, la parete non è sufficientemente permeabile (e di conseguenza la condensa formatasi in particolari condizioni non riesce a sfogare). Il problema della muffa, quindi, è strettamente legato allo scambio tra l'edificio e l'esterno che deve trovare l'equilibrio tra permeabilità e chiusura. Pertanto, l'isolamento termico deve garantire: il contenimento delle perdite di calore, il comfort termo-igrometrico interno, la riduzione di ponti termici e l'assenza di umidità. Una corretta coibentazione dell'edificio migliora il comfort al suo interno. Per valutare il tipo di isolamento termico è necessario analizzare le caratteristiche igroscopiche dei materiali utilizzati e, in particolare, quando l'isolamento è posto in opera in un momento diverso da quello di costruzione dell'edificio. Fattori come la presenza prolungata e costante di un tasso di umidità troppo elevato può indurre anche a un significativo deterioramento dei materiali da costruzione. Per l'eliminazione delle muffe, esistono molteplici prodotti atti alla rimozione ma si tratta di interventi non risolutivi, in quanto non agenti sulla causa generante il problema. Volendo perseguire l'obiettivo dell'eliminazione delle cause, occorre tenere conto delle seguenti considerazioni: intervenendo con isolamenti delle pareti esterne, è possibile evitare la formazione di condensa mantenendo la differenza di temperatura tra aria al centro del locale e superfici delle pareti inferiore ai 4°C. Poi si

possono impiegare ampie pannellature di rivestimento in legno poroso che impediscono lo sviluppo di muffe anche a livelli medio alti di umidità relativa; infatti, l'acqua assorbita dai pori del legno viene sequestrata dalla cellulosa delle pareti cellulari divenendo così inaccessibile alle muffe. I pannelli di legno poroso funzionano come una spugna assorbendo e cedendo grandi quantità d'acqua durante il ciclo climatico delle 24 ore evitando la formazione di condensa superficiale, a meno che l'umidità relativa non sia così alta da saturare il substrato. Utilizzando materiali che abbiano capacità di assorbimento di vapore, si permette lo "smaltimento" dello stesso; quindi, è opportuno evitare l'utilizzo di materiali e rivestimenti di tipo plastico ed effettuando, dove non presente, un sistema di ventilazione meccanica e/o un sufficiente ricambio d'aria. Il gruppo di ricerca "Studi italiani sui disturbi respiratori nell'infanzia e l'ambiente" formato da Galassi C., Sarti F., Bonci A. ha effettuato uno studio intitolato "Effetti delle esposizioni indoor su sintomi respiratori e allergici" pubblicato il 20/11/2000 incentrato sulle patologie respiratorie dovute agli inquinanti indoor. Le ricerche da loro condotte hanno evidenziato che l'inquinamento indoor aumenta il rischio di malattie polmonari croniche ostruttive in età adulta e di infezioni respiratorie acute in età pediatrica. Per esempio, la presenza di muffe nella stanza dove dormiva il bambino/adolescente nel primo anno di vita è risultata associata con sibili, asma, oculorinite in entrambe le fasce di età e con tosse e catarro nei bambini, ma anche a dermatiti in zone tipiche. Lo studio è stato condotto in 20.016 bambini di 6-7 anni e 13.266 adolescenti di 13-14 anni residenti in 13 aree italiane¹⁷.

Nella Tabella 3 sono riportate le frequenze di esposizione a umidità e muffa.

Esposizione a:	Bambini		Adolescenti	
	Numero	Percentuale	Numero	Percentuale
Primo anno di vita*	2498	12,5%	1215	9,2%
Recente**	2096	10,5%	1484	11,2%

Tabella 3.

* si intende la presenza di muffe/funghi o macchie di umidità nella camera del bambino nel suo primo anno di vita.

** si intende la presenza di muffe/funghi o macchie di umidità nella camera del bambino negli ultimi 12 mesi

Sintomi/diagnosi	Bambini		Adolescenti	
	OR (Odds Ratio) (1)	IC 95% (Intervallo di confidenza) (2)	OR (Odds Ratio)	IC 95% (Intervallo di confidenza)
SIBILI RICORRENTI				
solo recente	1,62	1,22-2,15	1,33	0,98-1,82
solo nel primo anno di vita	1,65	1,31-2,07	1,56	1,51-2,11
entrambe	1,98	1,47-2,66	1,33	0,84-2,10
ASMA RICORRENTE				
solo recente	1,90	1,00-1,93	1,28	0,90-1,82
solo nel primo anno di vita	1,80	1,41-2,30	1,89	1,38-2,59
entrambe	1,17	0,80-1,71	1,62	1,00-2,62
SINTOMI DI OCULORINITE				
solo recente	1,03	0,72-1,49	1,10	0,86-1,40
solo nel primo anno di vita	1,46	1,13 1,89	1,15	0,90-1,47
entrambe	1,46	1,01 2,09	1,78	1,30-2,45
SINTOMI DI DERMATITE IN ZONE TIPICHE				
solo recente	1,17	0,89-1,53	1,03	0,75-1,42
solo nel primo anno di vita	1,17	0,94-1,45	0,76	0,52-1,10
entrambe	1,44	1,09-1,91	0,81	0,48-1,35
TOSSE E CATARRO CRONICI				
solo recente	1,60	1,19-2,91	1,19	0,74-1,91
solo nel primo anno di vita	1,89	1,31-2,71	0,80	0,46-1,40
entrambe	1,64	0,96-2,79	1,48	0,78-2,81

Tabella 4.

(1) Odds Ratio (Rapporto di probabilità): Il calcolo dell'odds ratio prevede il confronto tra le frequenze di comparsa dell'evento (ad esempio l'evento "malattia") rispettivamente nei soggetti esposti e in quelli non esposti al fattore in esame. L'odds ratio è, quindi, definito come il rapporto tra la probabilità della malattia tra soggetti esposti e la probabilità della malattia tra soggetti non esposti. Se il valore dell'OR è uguale a 1, significa che la probabilità di esposizione nei sani è uguale alla probabilità di esposizione nei malati, cioè il fattore in esame è ininfluente sulla comparsa della malattia. Se il valore dell'OR è maggiore di 1, il fattore in esame può essere implicato nella comparsa della malattia (fattore di rischio).

(2) IC 95%: con un intervallo di confidenza al 95% se ripeteremo la stessa indagine per 100 volte con gli stessi metodi probabilmente otterremo ogni volta una stima diversa; tuttavia, il vero valore della popolazione sarebbe all'interno del nostro intervallo di confidenza 95 volte su 100. In altre parole, l'intervallo di confidenza fornisce un risultato aderente alla realtà nel 95% dei casi.

L'esposizione recente a umidità o muffe è stata segnalata in circa l'11% dei bambini e dei ragazzi; frequenze simili sono state riportate per la presenza di umidità/muffa nel primo anno di vita. La Tabella 4 mostra le associazioni tra un'esposizione a umidità o muffe nella stanza del bambino/ragazzo e l'insorgenza di una patologia respiratoria o allergica. Nei bambini, tutte le malattie in studio sono risultate significativamente più frequenti in presenza di umidità o muffe nel primo anno di vita o al momento dell'indagine, con le associazioni più grandi quando l'esposizione era avvenuta in entrambi i periodi. Simili associazioni si sono osservate anche nei ragazzi per tutte le patologie, ad eccezione di eczema e tosse o catarro che in generale non risultano associate a una esposizione a muffe o umidità. I risultati del presente studio hanno messo in evidenza che una esposizione a umidità o muffe è un fattore di rischio per i disturbi respiratori e allergici nell'infanzia, soprattutto se l'esposizione è avvenuta nel primo anno di vita e se il bambino è ancora esposto al momento dell'indagine, confermando quanto suggerito da recenti studi in altri Paesi^{18 21}.

3.3 LA TEMPERATURA NELL' AMBIENTE INDOOR E IL VESTIARIO

La temperatura dell'aria è intesa come temperatura di bulbo secco e per la definizione si richiama la norma UNI EN 13731:2004. C'è da fare una distinzione tra la temperatura

dell'aria indoor e le temperature dei diversi elementi (per esempio superfici solide, aria immessa, ecc.) presenti nell'ambiente. Infatti, la temperatura di alcune superfici può essere differente da quella dell'aria, anche di diverse decine di gradi. Le temperature delle superfici presenti negli ambienti indoor sono in generale influenzate dai seguenti fattori: irraggiamento solare diretto e indiretto, trasmissione del calore trasmesso attraverso le pareti o generato dalle apparecchiature interne e trasmesse all'aria, temperatura dell'aria esterna e la velocità del vento. L'irraggiamento solare ha l'effetto di trasmettere calore all'ambiente interno attraverso le pareti sia opache che trasparenti. La temperatura di una superficie irraggiata sarà tanto più elevata quanto minore è il suo calore specifico o l'energia raggianti riflessa. Consideriamo che i valori di temperatura di una parete soggetta ad irraggiamento solare diretto possono raggiungere facilmente valori di temperatura di 60°C e anche oltre. La conduzione termica attraverso le pareti opache risulta inferiore rispetto al calore trasmesso attraverso le superfici vetrate a parità di superficie. Gli incrementi allo scambio termico conduttivo possono essere forniti dai "ponti termici", in particolare se costituiti da materiali ad alta conduttività termica. In generale la temperatura delle superfici interne viene assunta in prima approssimazione uguale alla temperatura dell'aria interna, ma alcune superfici soggette a carichi termici (calore prodotto e trasmesso attraverso di esse, o ceduto) possono presentare differenze significative. Nel seguito sono riportati alcuni tipici casi che si incontrano nei normali ambienti abitati da persone. Quando la temperatura esterna è molto fredda (dai 5 ai 20°C) i vetri delle superfici finestrate, anche se doppi, possono arrivare anche a 0°C o pochi gradi e i corpi scaldanti dell'impianto di riscaldamento si trovano a temperatura superiore a quella ambiente, in modo da cedere calore all'ambiente stesso. Ad esempio i radiatori si trovano a temperatura tra 50°C e 80°C, i pannelli radianti tra 40°C e 60°C, i ventilconvettori tra 45°C e 55°C, e i pavimenti o soffitti (nel caso di riscaldamento a pavimento o soffitto) tra 25°C e 35°C; le luci si trovano a temperature differenti, secondo che siano ad incandescenza (circa 80°C) o a fluorescenza (circa 30-40°C); forni, stufe, piastre scaldanti, parti non coibentate di canne fumarie, arricciacapelli, phon, ecc., a temperatura variabile secondo la sorgente e l'isolamento con l'ambiente sino a circa 70°C. Perciò tutte le superfici a temperatura differente da quella ambiente cedono o assorbono calore, contribuendo ai bilanci termici dell'edificio. In base alle loro caratteristiche microclimatiche, legate in particolare alla temperatura, gli ambienti sono

generalmente suddivisi in ambienti moderati, severi caldi e severi freddi. Gli ambienti moderati sono i luoghi di lavoro nei quali non esistono specifiche esigenze produttive che vincolano uno o più parametri microclimatici e che impediscono il raggiungimento del comfort (uffici, scuole, sale didattiche). Poi ci sono gli ambienti severi freddi, luoghi di lavoro nei quali le esigenze produttive vincolano uno o più parametri microclimatici come per esempio le celle frigorifere. Per la valutazione del rischio negli ambienti severi freddi si può fare riferimento alla norma UNI EN ISO 11079:2008 (Ergonomia negli ambienti termici - determinazione e interpretazione dello stress termico da freddo con l'utilizzo dell'isolamento termico dell'abbigliamento richiesto (IREQ) e degli effetti del raffreddamento locale). Infine, ci sono gli ambienti severi caldi come per esempio le fonderie, dove i forni raggiungono picchi di 1000°C. Per la valutazione del rischio negli ambienti severi caldi si può fare riferimento alla norma UNI EN ISO 7243:2017 (Ambienti caldi - valutazione dello stress termico per l'uomo negli ambienti di lavoro), basata sull'indice WBGT (temperatura a bulbo umido e del globo termometro). Il Testo unico sulla sicurezza (D.lgs.81/08) stabilisce che il datore di lavoro debba valutare questo tipo di rischio al Titolo VIII ("Agenti fisici") perché il tipo di ambiente può avere effetti sull'uomo ²⁰:

La Tabella 5 riporta i tipi di ambienti e le loro implicazioni fisiche sull'uomo

1.Ambienti moderati	2.Ambienti severi caldi	3.Ambienti severi freddi
Malattie dell'apparato respiratorio	Crampi di calore, colpo di calore, esaurimento da calore	Malattie localizzate: geloni e dermatiti
Malattie dell'apparato muscolo scheletrico	Disidratazione	Assideramento (sindrome connessa all'abbassamento della temperatura corporea del nucleo interno del corpo sotto i 35°C)

Tabella 5.

È importante considerare anche l'attività metabolica delle persone presenti in un edificio. La norma UNI EN 13790:2008 stima tra 20 e 200W per persona i valori degli apporti calorici da apparati presenti in ufficio. Il calore metabolico generato dagli occupanti il locale analogamente alle altre sorgenti di calore può modificare in modo significativo la

temperatura del locale stesso. La Tabella 6 riporta alcuni esempi di apporti energetici ad un ambiente indoor derivanti da una persona in funzione dall'attività metabolica ¹⁹:

ATTIVITÀ METABOLICA	METABOLISMO ENERGETICO MEDIO [W]
Riposo (seduto a proprio agio)	105
Basso carico metabolico (bar, ristoranti)	180
Medio carico metabolico (laboratori didattici, sale giochi)	295
Alto carico metabolico (palestre, discoteche)	415
Altissimo carico metabolico	520

Tabella 6.

L'attività metabolica è descritta in un'equazione che descrive il bilancio energetico (o termico) sul corpo umano in termini di energia per unità di tempo (e dunque di potenza):

$$BT = M - W \pm C_{res} \pm E_{res} \pm K \pm C \pm R - E$$

M = potenza termica prodotta dai processi metabolici (nelle più recenti normative viene usato il termine "metabolismo energetico");

W = potenza meccanica impegnata per compiere lavoro meccanico;

C_{res} = potenza termica scambiata nella respirazione per convezione;

E_{res} = potenza termica scambiata nella respirazione per evaporazione;

K = potenza termica scambiata per conduzione;

C = potenza termica scambiata per convezione;

R = potenza termica scambiata per irraggiamento;

E = potenza termica ceduta per evaporazione (traspirazione e sudorazione)

S = differenza tra la potenza termica acquisita e dissipata dal corpo umano

In un primo caso, se il bilancio termico corrisponde a zero (BT = 0), le condizioni microclimatiche sono tali per cui la persona non è costretta ad attivare i meccanismi di termoregolazione e non percepisce né sensazione di freddo né sensazione di caldo (condizione di soddisfazione della situazione termica). In un secondo caso il bilancio termico può corrispondere ad un valore maggiore di zero o minore di zero (BT < 0 e BT > 0) e le condizioni microclimatiche daranno sensazioni di caldo o di freddo quindi l'organismo attiva i meccanismi di termoregolazione (discomfort termico). Se le

variazioni di temperatura sono graduali il corpo ha più tempo per attuare tale processo e sono tollerati meglio gli sbalzi di temperatura. In un ultimo caso se il bilancio termico corrisponde a valori molto distanti da 0 l'organismo si troverà in uno stato di stress termico, in cui le condizioni microclimatiche sono tali per cui l'organismo non riesce più a mantenere costante la temperatura interna; questa situazione termica può causare effetti negativi per la salute (colpo di calore, esaurimento, congelamento, assideramento).

3.3.1 IL MECCANISMO DI TERMOREGOLAZIONE

1.Meccanismi di difesa contro il caldo	2.Meccanismi di difesa contro il freddo
Vasodilatazione cutanea	Vasocostrizione
Traspirazione	Brivido
Sudorazione attiva	Aumento dell'attività motoria
Diminuzione attività motoria	

Lo scambio termico può essere controllato anche attraverso l'utilizzo di determinati tipi di abbigliamento aventi valori diversi di resistenza termica specifica. Questa si misura con il clo, definibile come la resistenza termica che gli indumenti presentano al passaggio di calore. È un valore medio riferito all'intero corpo abbigliato e tiene conto anche delle parti scoperte del corpo, come la testa e le mani. $1 \text{ clo} = 0.155 \text{ m}^2\text{C/W}$.

Combinazioni tipiche di abbigliamento	Icl (clo)
Da lavoro:	
1.Mutande, tuta da lavoro, calzini, scarpe	0,70
2.Mutande, camicia, pantaloni, calzini scarpe	0,75
3.Biancheria intima a maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, giacca, calzini, scarpe	1,00
4.Biancheria intima a maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, giacca, giacca con imbottitura pesante, tuta, calzini, scarpe	1,85
5.Biancheria intima a maniche e gambe lunghe, giacca termica e pantaloni, giacca termica per l'esterno e pantaloni, calzini, scarpe	2,20
Giornaliero	

1.Mutande, camicia, pantaloni leggeri, calzini, scarpe	0,60
2.Slip, camicia, gonna, maglione a girocollo, calzettoni spessi al ginocchio, scarpe	0,90
3.Biancheria intima a maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, gilet, giacca, cappotto, calzini, scarpe	1,50

Chiaramente all'aumentare del valore clo, si ha un aumento della resistenza termica e il calore verrà trattenuto con maggiore efficienza²².

3.4 LA TEMPERATURA MEDIA RADIANTE

La temperatura media radiante è un'altra grandezza che ha grande importanza nella valutazione degli ambienti termici, essa è definita dalla norma UNI EN ISO 13731 come "la temperatura uniforme di una cavità nera fittizia nella quale un soggetto scambierebbe lo stesso flusso termico radiante che scambia nell'ambiente reale tra pareti non isoterme". Insieme alla temperatura dell'aria (T_a) e alla sua velocità (V_a), la Temperatura Media Radiante è uno dei fattori che influenzano significativamente la sensazione di caldo/freddo in quanto può aggiungersi o compensare gli scambi termici tra la superficie corporea delle persone e l'aria. Viene definita temperatura operativa quella di un ipotetico ambiente con temperatura dell'aria la temperatura media radiante, con velocità dell'aria trascurabile e umidità relativa 50% che dà la stessa sensazione di caldo/freddo dell'ambiente considerato; praticamente si può stimare tale temperatura operativa come all'incirca la media aritmetica tra quella dell'aria e quella media radiante.

3.4.1 L'AERAZIONE E IL MOVIMENTO DELL'ARIA NEGLI AMBIENTI INDOOR

L'aerazione/ventilazione può avvenire in modo: naturale; attraverso la differenza di pressione tra la pressione statica e la pressione del vento, e/o per differenze di temperatura; artificiale, tramite ventilatori od altri dispositivi meccanici di immissione/estrazione o con sistemi di ricircolo aria previo trattamento. In generale, l'aria esterna immessa con sistemi meccanici agisce in modo "controllato", mentre quella per infiltrazione, attraverso fessure, porte, finestre, muri e altro, ha comportamenti casuali ed è determinata dalla differenza di pressione tra interno ed esterno. La quantità di aria

infiltrata dipende dalla dimensione delle aperture, dalla tortuosità dei percorsi, dalle crepe o dalle discontinuità delle chiusure perimetrali. I fattori che influenzano i flussi di aria sono: posizione delle aperture, area d'apertura, tipo e modalità di apertura. Le aperture per il passaggio dell'aria sono costituite da: finestre apribili, dispositivi specifici per la ventilazione (come griglie, bocchette e porte) e passaggi comunicanti con l'esterno o con altri ambienti interni adiacenti, aperti occasionalmente o in modo stabile o in modo alternato con maggiore/minore frequenza. Da tener presente, inoltre, che la pressione generata dal vento sulle superfici dell'involucro edilizio dipende dalla velocità del vento stesso, dalla forma dell'edificio e dal suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Nella Tabella 7 riporto i valori indicativi di benessere climatico considerando i parametri di Temperatura dell'aria, Umidità relativa e Velocità dell'aria^{23 24}:

Stagione	Temperatura dell'aria	Umidità relativa	Velocità dell'aria
Inverno	19-22 °C	40-50%	0,05-0,1 m/s
Estate	24-26 °C	50-60%	0,1-0,2 m/s

Tabella 7.

Nella Tabella 8 riporto i valori indicativi in estate in diversi luoghi di permanenza:

Tipo di locale	temperatura (°C)	umidità relativa (%)
Abitazioni/hotel	25-27	50-55
Uffici	25-26	50-60
Chiese/teatri/saloni per feste/ristoranti/cinema	24-27	45-55
Negozi/magazzini/bar	26-28	40-55
Stazioni	24-27	40-55
Aeroplani	23-25	47-53
Biblioteche/musei	23-24	47-53

Tabella 8.

Per la valutazione del benessere si usano indici di tipo statistico, detti indici di discomfort, introdotti anche in Italia dalla norma UNI EN ISO 7730:2006. Tali indici si possono calcolare in modo semplice una volta definito il tipo di attività che l'utente sta compiendo, il suo abbigliamento e il microclima dell'ambiente dove si trova. Il PMV (Predicted Mean

Vote) è il voto che un campione omogeneo di persone assegnerebbe al microclima in un determinato ambiente, mentre sta effettuando una certa attività. Il valore può variare da “-3 = molto freddo” a “+3 = molto caldo”. La condizione di benessere si ha quando il voto è compreso fra -0,5 e +0,5. Il PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) indica la percentuale statistica di insoddisfatti che ci sarebbe, in quelle condizioni microclimatiche, svolgendo le stesse attività e con lo stesso abbigliamento, all'interno dello stesso campione di persone. La condizione di benessere si ha quando il PPD è minore del 10%, ossia quando si ammette implicitamente che 10 persone su 100 non sono soddisfatte del microclima in un determinato contesto ambientale²⁵. Gli indici di PMV E PPD (detti anche indici di Fanger) hanno dimostrato che anche in condizioni “perfette” (PMV = 0) non si scende mai al di sotto del 5% di insoddisfatti. Il valore del PPD è, inoltre, corretto per tenere conto di possibili disagi locali causati da disuniformità di temperatura (temperature diverse dell'ambiente dal basso verso l'alto) o dalle fluttuazioni di velocità dell'aria (correnti di aria), che provocano differenti condizioni di scambio termico con l'ambiente nelle varie zone del corpo umano e, quindi, possibili sensazioni di disagio.

3.5 L'ILLUMINAZIONE

L'illuminazione rappresenta uno dei fattori ambientali principali atti ad assicurare il benessere nei luoghi di lavoro. Una corretta illuminazione oltre a contribuire all'incremento della produttività, riveste grande importanza nella prevenzione degli infortuni sul lavoro. Possiamo schematizzare i fenomeni luminosi in tre categorie di corpi: corpi produttori di luce (sorgenti) che trasformano energia da una forma ad un'altra che viene emessa come luce; oggetti visibili (sorgenti secondarie) che ricevono energia luminosa da una sorgente primaria e la riemettono, in parte come energia trasformata ma sempre sotto forma di energia luminosa e i sensori di luce, come l'occhio, che quando stimolati dalla radiazione luminosa forniscono una risposta di varia natura. L'occhio, infatti, è un sensore di luce naturale, che trasforma i segnali luminosi in segnali biochimici. I luoghi di lavoro devono essere adeguatamente illuminati, e, a tale fine, è opportuno che siano dotati di quantità di luce adeguata, di adeguata distribuzione delle fonti sia naturali che artificiali di illuminazione e di una buona qualità dell'illuminazione. L'illuminazione dei luoghi di lavoro deve essere ottenuta per quanto possibile con la luce naturale, dato che è più gradita all'occhio umano e meno affaticante, possiede una discreta

azione germicida grazie alla componente ultravioletta e contribuisce alla riduzione dell'umidità per la sua componente termica. L'illuminazione consta di due grandezze che la caratterizzano: l'illuminamento e la luminanza. L'illuminamento è una grandezza che valuta la quantità di luce che investe la superficie di un oggetto (si esprime in lux e può essere misurata con un luxmetro); esprime quanto agevolmente l'occhio può vedere. Il livello di illuminamento richiesto per lo svolgimento di una specifica attività deve garantire la percezione distinta degli oggetti e, contemporaneamente, evitare fenomeni di abbagliamento²⁶.

Nella Tabella 9 riporto gli intervalli di illuminamento secondo la ISO 8995-1:2002 (Lighting of work places — Part 1: Indoor).

AREE, COMPITI E ATTIVITÀ	ILLUMINAMENTO (lux)
Aree esterne di circolazione e lavoro	20-50
Compiti con semplici requisiti visivi (uffici)	200-500
Compiti con requisiti visivi difficili	750-1500
Compiti con requisiti visivi molto precisi	Circa 2000

Tabella 9.

La luminanza¹⁶ invece è una grandezza che valuta la quantità di luce che restituisce la superficie di un oggetto (luce emessa o riflessa), si esprime in candele al metro quadrato (cd/m^2) e può essere misurata con un fotometro. Si misura lungo la direzione che congiunge la sorgente luminosa con l'osservatore. Eccessive differenze di luminanza tra oggetti contenuti nel campo visivo non facilitano la percezione distinta degli oggetti e provocano fenomeni di abbagliamento. In linea generale, non è fondamentale valutare il livello di luminanza dei vari oggetti, ma il contrasto fra di loro. Un ambiente luminoso può essere realizzato utilizzando diverse tipologie di sorgenti luminose di tipo sia naturale che artificiale. L'illuminazione si distingue in: illuminazione diretta (lampada a vista diretta verso il pavimento), illuminazione indiretta (lampada coperta diretta verso il soffitto - luce diffusa) e illuminazione mista (lampada costituita da componente diretta e indiretta). Questi tipi di illuminazione presentano sia vantaggi che svantaggi all'interno dell'ambiente lavorativo. L'illuminazione diretta è intensa, facilita la percezione della profondità ed è disponibile a bassi costi ma la luce non risulta uniforme e rende poco visibili le altre aree non direttamente illuminate. L'illuminazione indiretta riduce il

fenomeno dell'abbagliamento e non crea zone d'ombra ma riduce la percezione della profondità attenuando eccessivamente le ombre e i contrasti. L'illuminazione mista amplifica gli effetti positivi dei due sistemi a luce diretta e indiretta ma i costi dell'impianto sono elevati.

3.5.1 LA POSIZIONE DELLE SORGENTI LUMINOSE

Nella disposizione nella postazione di lavoro si deve fare in modo che non siano presenti fonti luminose naturali o artificiali davanti o alle spalle dell'operatore dato che, in questi casi, si presenterebbe la possibilità di abbagliamento per la presenza della fonte luminosa o del suo riflesso nel campo di visivo dell'individuo. In particolare, se si utilizzano videoterminali, l'illuminazione deve essere sufficiente a garantire un contrasto appropriato tra lo schermo e l'ambiente, tenuto conto delle caratteristiche del lavoro e delle esigenze visive dell'utilizzatore. Infatti, le fonti luminose come finestre, pareti trasparenti o traslucide e pareti di colore chiaro devono essere sistemate in modo da non produrre riflessi sullo schermo e nello specifico le finestre devono essere munite di un opportuno dispositivo di copertura regolabile per attenuare la luce diurna che illumina il posto di lavoro. Un'illuminazione non corretta porterà l'operatore all'affaticamento dell'apparato visivo e disturbi a carico dell'apparato muscolo scheletrico²⁷.

3.5.2 EFFETTI DELLA SALUTE LEGATI AL MICROCLIMA - FATTORI LEGATI ALLA TEMPERATURA, UMIDITÀ E ILLUMINAZIONE DEGLI AMBIENTI INDOOR

La temperatura, l'umidità e l'illuminazione sono fattori che devono essere presi in considerazione per stabilire il benessere all'interno delle abitazioni e degli ambienti lavorativi. La temperatura ottimale corporea è di 37°C, temperatura deve essere ottenuta anche sommando la temperatura dell'aria e quella delle pareti. Questi fattori dipendono dall'umidità relativa dell'aria che è caratterizzata da emissioni di calore che avvengono per irraggiamento e traspirazione. L'umidità relativa troppo alta ostacola la traspirazione mentre un valore troppo basso la aumenta; infatti, è molto importante che questo valore sia mantenuto tra il 40 e 60%. Da questo possiamo dedurre l'importanza dei materiali igroscopici, ovvero quei materiali capaci di assorbire prontamente le molecole d'acqua presenti nell'ambiente circostante. Un secondo fattore è la velocità dell'aria che rappresenta un fattore di rischio in un ambiente indoor, dato che almeno un lavoratore

videoterminalista ha lamentato la presenza di aria stagnante o di disagio di eccessiva ventilazione per stazionamento vicino a bocche d'aerazione. Il terzo fattore è l'illuminazione; ad oggi si preferisce la luce naturale che è qualitativamente migliore a quella artificiale. La luce naturale può entrare nell'ambiente lavorativo indoor in modo diretto per mezzo delle finestre che dovrebbero ricoprire minimo il 10-12% della superficie totale del pavimento per infondere la sensazione di benessere. Quando la luce naturale non è disponibile è bene ricorrere alla luce artificiale calibrando con cura la distribuzione delle sorgenti luminose²⁸.

4 L'IMPORTANZA NELLA SCELTA DEI MATERIALI

L'aria che respiriamo all'interno delle nostre abitazioni è una miscela tra contaminanti sia di tipo chimico che biologico, sempre più concentrata, a causa delle misure di contenimento dei consumi energetici degli edifici che hanno portato complessivamente ad una riduzione della ventilazione. Si aggiungono poi altri tre fattori al generale peggioramento delle condizioni del contesto: anzitutto una minore attenzione dei progettisti nei confronti dei tradizionali problemi di igiene edilizia, le diverse abitudini della vita della popolazione, che tendono a trascurare le normali operazioni di pulizia, che in aggiunta fanno uso di prodotti di largo consumo che aumentano il carico inquinante (per esempio deodoranti per l'ambiente e insetticidi). La restante parte degli inquinanti dipende dalla struttura e dai materiali. Le persone che vivono in contesti disagiati risentono dell'inquinamento indoor a causa del sovraffollamento, della presenza di fonti di combustione aperte (stufe, bracieri, camini), di materiali degradati e dalla presenza di umidità. L'inquinamento indoor della popolazione benestante è dato prevalentemente da fattori di tipo chimico, dai fenomeni di adsorbimento (presenza di nuovi materiali e materiali tessili, come moquette e rivestimenti murari) e dai sistemi di gestione dell'aria come per esempio l'impianto di condizionamento. Un'altra classificazione può essere fatta considerando gli edifici vecchi e nuovi: nei primi il rischio riguarda il degrado dei materiali (che possono potenzialmente rilasciare polveri e fibre) e la presenza di umidità; nei nuovi o rinnovati i problemi nascono dall'uso di prodotti di finitura che non hanno ancora completato le emissioni di sostanze chimiche inquinanti come per esempio vernici, pitture, adesivi e mobili nuovi e molto spesso da un'eccessiva sigillatura e un isolamento termico insufficiente.

Nella tabella 10 sono indicati alcuni criteri per migliorare la qualità dell'aria in edifici esistenti:

Inquinanti	Fonti o cause	Rimedi
Radon e pesticidi	Attacco a terra	Ventilazione dei seminterrati
Composti organici volatili	Materiali di finitura, arredo	Sostituzione dei materiali, incapsulamento
Batteri, funghi, virus	Umidità nella costruzione	Protezione dall'umidità, isolamento termico, ventilazione
Polveri e fibre	Presenza materiali fibrosi degradati	Sostituzione e manutenzione

Tabella 10.

La salubrità di una costruzione dipende anche dall'orientamento, dalla localizzazione, dalle tecniche costruttive, dalla tipologia di edilizia e dall'organizzazione funzionale degli spazi in relazione all'attività. Non è possibile, infatti, perseguire l'obiettivo della qualità dell'aria interna senza considerare i rapporti materici ed energetici che si instaurano tra la costruzione dell'ambiente, circostante e globale. È necessario quindi integrare allo studio dei materiali da costruzione anche i requisiti ambientali.

La Tabella 11 sintetizza gli obiettivi che si integrano con l'architettura sostenibile:

Obiettivi di progetto	Elementi coinvolti
Fare in modo che l'aria esterna immessa sia la migliore possibile	Localizzazione, posizione delle prese d'aria e delle finestre
Minimizzare il carico inquinante dovuto a materiali e prodotti	Scelta dei materiali e della loro compatibilità
Minimizzare il carico inquinante dovuto ad attivi	Separazione funzionale delle attività inquinanti
Diluire gli inquinanti presenti	Progetto della ventilazione e presenza canne di ventilazione
Allontanare gli inquinanti alla fonte	Estrazione localizzata
Controllare i fattori di rischio: umidità, temperatura, rumore	Progetto dell'edificio, tecniche di protezione

Tabella 11.

Date le precedenti considerazioni, i materiali e i prodotti edilizi possono rilasciare nell'ambiente confinato i seguenti inquinanti: inquinanti di natura fisica come il radon e prodotti di decadimento; composti organici volatili e semivolatili, in particolare formaldeide e antiparassitari; inquinanti biologici: funghi, muffe, batteri e fibre minerali naturali e artificiali come amianto, lana di vetro, lana di roccia. In aggiunta i prodotti edilizi possono peggiorare le condizioni abitative secondo tre modalità: rilasciando direttamente sostanze inquinanti o pericolose (composti organici volatili, radon, polveri, fibre); adsorbendo e successivamente rilasciando sostanze presenti nell'aria e provenienti da altre fonti (per esempio da attività lavorative) e favorendo l'accumulo di sporco e la crescita di microrganismi. I materiali e i prodotti utilizzati in edilizia possono emettere composti altamente tossici (cancerogeni o allergeni), composti irritanti e composti che causano una inaccettabile qualità dell'aria (odori sgradevoli) e composti con sconosciute proprietà tossiche. La grande diffusione, avvenuta in modo incontrollato negli ultimi cinquanta anni dell'industria chimica nel settore edilizio, ha portato a un uso generalizzato di materiali sintetici per gli arredi, le tappezzerie, le pavimentazioni e i componenti degli edifici. Tali materiali emettono nell'aria degli edifici sostanze chimiche che possono avere effetti rilevanti sulla salute delle persone o sul livello di comfort come ad esempio i COV. L'emissione di Composti Organici Volatili (COV) è più alta all'inizio della vita del prodotto e tende a diminuire notevolmente in tempi abbastanza brevi (da una settimana per i prodotti umidi, come vernici e adesivi, a sei mesi per altri composti chimici). Fa eccezione la formaldeide, che tende a presentare esalazioni relativamente costanti per molti anni. Il determinante principale sulla salute è senza dubbio la concentrazione, che è la funzione del rapporto tra superficie emittente e volume dell'ambiente e dei ricambi orari mentre la pericolosità è in funzione dei tipi di sostanza, delle sinergie con altre sostanze presenti nell'ambiente, della concentrazione e del tempo di esposizione. Per quanto riguarda gli inquinanti biologici, la crescita di colonie di microrganismi dipende dal tipo di prodotto (naturale o sintetico) dalla percentuale di umidità contenuta, dalla qualità della superficie (porosità), dalle condizioni d'uso (attività svolte, presenza di altri prodotti) e dalle condizioni microclimatiche. Per esempio, prodotti di origine naturale non trattati in superficie, come il legno massello o le fibre tessili vegetali o animali, tendono a predisporre un ottimo habitat per la crescita di colonie

di microrganismi. La presenza di polveri e fibre nell'aria è dovuta al grado di usura dei prodotti come per esempio pavimentazioni, tappezzerie, intonaci, pitture o alla possibilità che alcuni materiali fibrosi, come alcuni tipi di isolanti, entrino a contatto con l'aria interna. In sintesi, i fattori influenzanti il rilascio di polveri e fibre sono: la composizione del prodotto, la validità del legante (matrice in cui sono contenute le fibre), il tipo e lo stato della finitura superficiale, l'età del materiale, lo stato di manutenzione e gli interventi sul prodotto (manipolazione, lavorazione). La pericolosità delle polveri e delle fibre è in funzione alla loro dimensione (più saranno piccole e più saranno inalabili) e della concentrazione dell'aria e del tempo di esposizione. Un'altra fonte di pericolo è costituita dal radon e dai suoi prodotti di decadimento, presenza che è attribuita in gran parte al suolo, alle acque e agli edifici, a patto che siano costruiti con materiali di origine vulcanica (tufo). Anche in questo caso è bene valutare la quantità di superficie esposta pericolosa in concomitanza alla cubatura e ai volumi di ventilazione²⁹. In tema di legislazione, la legge fondamentale che recepisce in Italia le cinque Direttive comunitarie in materia di prevenzione salute e sicurezza è il D.lgs. n. 277 del 15/8/91. Questo testo affianca tre problematiche chimiche-biologiche che riguardano la salute dei lavoratori esposti: il rumore, il piombo metallico e l'amianto. Riguardo all'amianto, la legge n. 257 del 27/03/92 impone, a partire dal marzo del 1993 (con una proroga di un anno per i manufatti in lastra o in tubi a base di cemento) la cessazione dell'estrazione, dell'importazione, della commercializzazione e della produzione di manufatti di amianto in qualsiasi percentuale. Di particolare importanza per la prevenzione dei danni causati dall'inquinamento dell'aria interna è anche il D.lgs. 626/94 e successive modificazioni, che recepisce otto direttive europee in materia di sicurezza e salute sul luogo di lavoro. In particolare, il Titolo II recepisce la direttiva CEE 654/89 che riguarda le prescrizioni minime di sicurezza e salute sui luoghi di lavoro e stabilisce i requisiti minimi. Altezza, cubatura e superficie dei locali, illuminazione, aerazione e controllo delle condizioni termiche costituiscono alcune delle richieste, sostenendo la necessità, per disporre di un ambiente salubre. Per quanto riguarda i Composti Organici Volatili e i contaminanti biologici le uniche indicazioni sono contenute nel D.lgs. 626/94: il Titolo VII; "Protezione dagli agenti cancerogeni" e il Titolo VIII; "Protezione da agenti biologici" che introducono due rischi nuovi per la legislazione italiana.

4.1 I MATERIALI DA SCEGLIERE: QUELLI BIOECOLOGICI

L'architettura bioecologica si basa sulla scelta di materiali che dovrebbero richiedere poca energia per essere prodotti e trasportati e allo stesso tempo essere il più possibile durevoli e riciclabili. I principi della bioedilizia sono sostanzialmente i seguenti: dare la precedenza alle materie prime locali in quanto più adatte alle caratteristiche climatiche del luogo impiegando allo stesso tempo costi minori di trasporto; utilizzare prodotti derivanti da materie rinnovabili; selezionare prodotti più durevoli onde evitare sprechi energetici ed economici; sfruttare ogni materiale secondo la sua vocazione strutturale ed estetica senza forzature; optare per prodotti caratterizzati da un ciclo di vita il più possibile chiuso, quindi facilmente riciclabili, e tenere conto del contributo che i materiali stessi apportano nei confronti del risparmio energetico. In base a queste considerazioni, i prodotti per l'edilizia bioecologica possono essere suddivisi in tre categorie generali secondo la Figura 2:

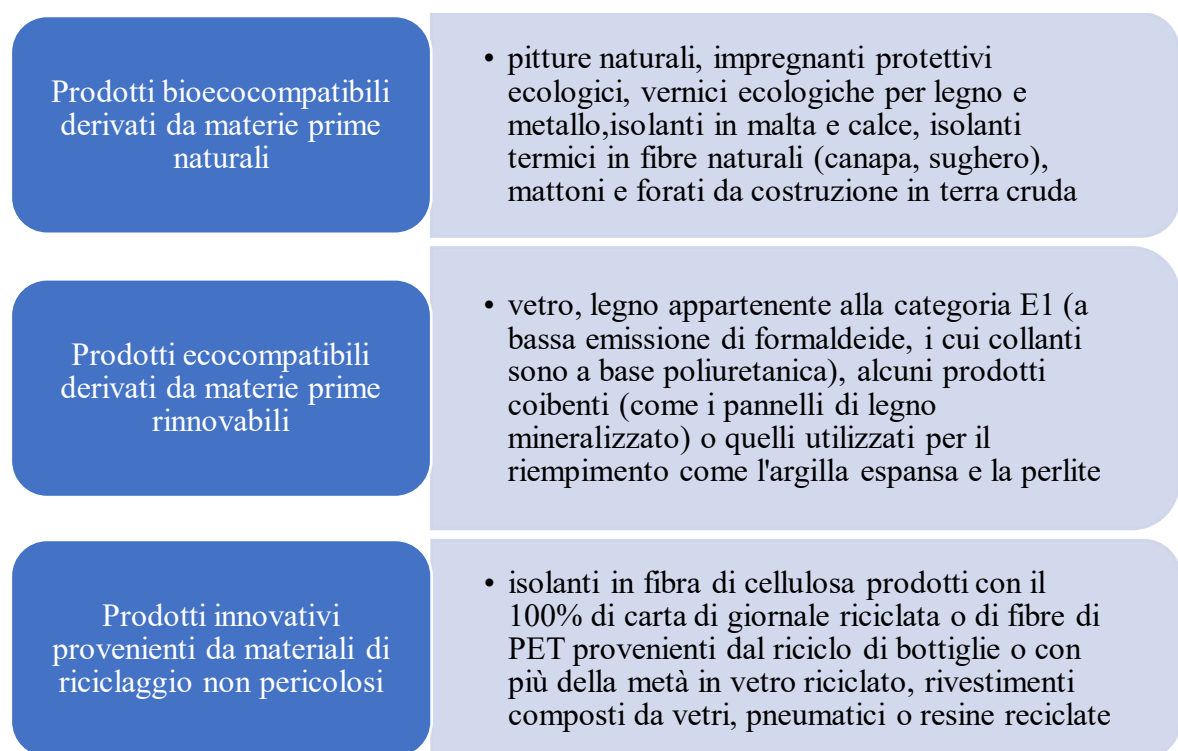


Figura 2.

Vorrei fare una precisazione: con il termine bioecocompatibile intendo i prodotti volti a ridurre l'impatto ambientale (quindi prodotti sostenibili che derivano da lavorazioni non dannose per l'ambiente) che siano allo stesso tempo "bio" quindi di origine naturale. Ad

oggi si sta assistendo alla diffusione di prodotti bioedili sul mercato e questa situazione rende necessario un sistema di certificazione che garantisca le qualità biologiche ed ecologiche dei diversi prodotti. Questa garanzia assicura sia progettisti che committenti sulle qualità dichiarate del materiale che vengono valutate secondo un rigido protocollo basato sugli standard internazionali UNI EN 45011 e 45012, comprendenti discipline quali fisica, edilizia, tossicologia umana e dell'ambiente, ecologia, comportamento elettrostatico, processi biomedici, estetica, radioattività, ma anche questioni come la qualità di informazioni relative al prodotto, le norme di utilizzo e i sistemi di imballaggio. La certificazione dei materiali bioedili in Italia è oggi affidata ad ICEA (Istituto per la Certificazione Etica ed Ambientale), un ente che si occupa di garantire la qualità ambientale ed etica dei prodotti non solo nel settore delle costruzioni, ma anche negli ambiti della finanza della tutela ambientale dei servizi sociali del turismo e del tempo libero³⁰.

5 I DETERMINANTI DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

5.1 GLI INQUINANTI NEGLI AMBIENTI DOMESTICI E DI LAVORO

Negli ambienti confinati è possibile riscontrare numerose sorgenti di diversi tipi di inquinanti come riporto nella Tabella 12:

AMBIENTE	FONTI ED INQUINANTI
CASA	<p>Forni a legna e camini: PM10, CO, idrocarburi policiclici aromatici (IPA)</p> <p>Fornelli a gas: NO₂, CO</p> <p>Fumo di tabacco: particolato respirabili (PM10), monossido di carbonio (CO), composti organici volatili</p> <p>Materiali da costruzione: radon e formaldeide</p> <p>Terreno sottostante i fabbricati: radon</p> <p>Mobili e prodotti per la casa: VOC e formaldeide</p> <p>Riscaldamento a gas: NO₂, CO</p> <p>Riscaldamento a kerosene: NO₂, CO, SO₂</p>

	<p>Isolanti: asbesto</p> <p>Agenti esterni: CO, ossidi di azoto, idrocarburi, particolato aerodisperso</p> <p>Sorgenti di natura metabolica: CO₂, NH₃, odori</p>
UFFICIO	<p>Fumo di tabacco: PM10, CO, VOC</p> <p>Materiali da costruzione: VOC, formaldeide</p> <p>Arredamento: VOC, formaldeide</p> <p>Fotocopiatrici: VOC</p> <p>Condizionatori: agenti biologici</p> <p>Agenti esterni: CO, ossidi di azoto, idrocarburi, particolato aerodisperso</p>
TRASPORTI	<p>Aria ambiente: ozono negli aerei, CO e idrocarburi in automobile</p> <p>Condizionatori per auto: agenti biologici</p>

Tabella 12.

5.2 I COMPOSTI ORGANICI VOLATILI (COV)

Appartengono alla classe dei COV numerosi composti chimici quali idrocarburi alifatici, aromatici e clorurati, aldeidi, terpeni, alcoli, esteri e chetoni. Tra questi i più diffusi negli edifici residenziali sono il limonene, il toluene, ma il più importante da un punto di vista tossicologico e mutageno è la formaldeide. In base al comma 11, art. 268 del D.lgs. 152/2006, vengono definiti COV, qualsiasi composto organico che abbia a 293,15 K (20°C) una pressione di vapore di 0,01 KPa superiore. Le sorgenti di inquinamento che generano i COV nell'aria negli ambienti indoor sono varie: gli "occupanti" attraverso la respirazione e la superficie corporea, i prodotti cosmetici o deodoranti, i dispositivi di riscaldamento, i materiali di pulizia e prodotti vari (colle, adesivi, solventi, vernici), abiti trattati recentemente in lavanderie, il fumo di sigaretta e strumenti di lavoro, quali stampanti e fotocopiatrici. Altre fonti di inquinamento sono costituite dai materiali da costruzione e gli arredi (mobili, moquette e rivestimenti) che possono determinare emissioni continue anche per settimane o mesi. Un'errata collocazione delle prese d'aria in prossimità di aree ad elevato inquinamento (es. vie ad alto traffico, parcheggio

sotterraneo, autofficina) può determinare un'importante penetrazione di COV dall'esterno³¹. Nella seguente Tabella 13 riporto i vari composti appartenenti ai COV e le loro principali fonti indoor:

Classi di composti	Sostanze principali	Principale fonte indoor
Idrocarburi alifatici	Propano Butano Esano Limonene	Combustibili, detersivi, propellenti ad aerosol, refrigeranti, basi di profumi, aromatizzanti
Idrocarburi alogenati	Cloroformio Cloruro di metilene Pentaclorofenolo	Propellenti ad aerosol, pesticidi, refrigeranti, sgrassatori
Idrocarburi aromatici	Benzene Toluene Xilene	Detersivi per finestre, vernici, diluenti, adesivi, cosmetici
Aldeidi	Formaldeide Acetaldeide	Fungicidi, isolanti, germicidi, resine, disinfettanti, arredi a base di truciolato
Alcol	Alcool etilico Alcool metilico	Detersivi per finestre, vernici, diluenti, adesivi, cosmetici

Tabella 13.

5.2.1 L' ALTERAZIONE DELLO STATO DI SALUTE

I COV 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 negli ambienti interni, possono causare effetti a carico di numerosi organi o apparati, in particolare a carico del sistema nervoso centrale. Alcuni di essi sono riconosciuti cancerogeni per l'uomo (benzene) o per l'animale (tetracloruro di carbonio, cloroformio, tricloroetilene, tetracloroetilene). È stato ipotizzato che l'inquinamento indoor da COV possa costituire un rischio cancerogeno per i soggetti che trascorrono molto tempo in ambienti confinati, anche se l'insufficiente caratterizzazione di tale inquinamento rende queste valutazioni non ancora conclusive³².

5.2.2 COME RIDURRE L' ESPOSIZIONE

I livelli dei composti organici volatili negli ambienti interni si possono controllare effettuando un'accurata scelta dei materiali da costruzione d'arredo e dei prodotti utilizzati per la pulizia. I progettisti, gli architetti, nonché i responsabili della manutenzione, devono prediligere prodotti certificati che rispettino il requisito di igiene, salute e ambiente e mantenersi aggiornati sulle nuove disponibilità. Tra gli accorgimenti più importanti si raccomanda di ridurre al minimo l'uso di materiali contenenti COV, come cosmetici, deodoranti, colle adesive e solventi e utilizzare vernici a base di acqua. Si raccomanda di ventilare adeguatamente i locali quando vi sono possibili sorgenti di COV, non fumare negli ambienti chiusi, mantenere i dispositivi di riscaldamento regolarmente controllati, usare l'estrattore d'aria con scarico all'esterno quando si cucina ed effettuare il regolare controllo e pulizia da parte di personale esperto dei sistemi di riscaldamento (caldaie canne fumarie camini). La normativa di riferimento è la Direttiva 2004/42/CE relativa alla "limitazione delle emissioni di composti organici volatili dovute all'uso di solventi organici in talune pitture e vernici e in taluni prodotti per carrozzeria e recante modifica della direttiva 1999/13/CE" attuata attraverso il D.lgs. 27 marzo 2006 n.161. La Direttiva subordina l'immissione sul mercato delle pitture e dei rivestimenti utilizzati in edilizia a un contenuto massimo di COV diverso per ogni categoria, specifici obblighi di etichettatura; include diverse sanzioni; delinea i metodi analitici di calcolo del tasso di COV e definisce i valori limite per le diverse sottocategorie di prodotti. La Direttiva introduce l'obbligo di apporre sui prodotti inclusi nel suo ambito di applicazione un'apposita etichetta da cui risultino evidenti alcune informazioni basilari come la natura del prodotto ed il relativo contenuto di COV³³.

5.3 UN CASO SPECIFICO: LA FORMALDEIDE

La formaldeide è un composto organico in fase di vapore emesso da resine urea-formaldeide usate per l'isolamento termico e da resine usate per truciolato e compensato di legno, per tappezzerie, moquette e altro materiale d'arredamento. Negli edifici moderni le concentrazioni indoor superano notevolmente quelle esterne, inclusi i picchi determinati presso strade di grande traffico. Esistono peraltro anche altre sorgenti interne di formaldeide, come il fumo di tabacco e i processi di combustione utilizzati per la preparazione dei cibi o per il riscaldamento degli ambienti. Gli effetti della formaldeide

vanno da irritazioni oculari e dalle prime vie aeree fino a polmoniti, edemi polmonari a concentrazione intorno a $50\text{mg}/\text{m}^3$ ³⁴.

6 GLI INQUINANTI CHIMICI DERIVANTI PREVALENTEMENTE DA FONTI DI COMBUSTIONE

Gli inquinanti chimici sono presenti nell'aria indoor sotto forma di miscele complesse: alcuni hanno origine all'interno degli ambienti stessi e altri penetrano con l'aria esterna tramite fessurazioni nelle strutture edilizie o in corrispondenza degli infissi soprattutto in occasione di fenomeni di elevato inquinamento esterno. Tra i principali contaminanti chimici riporto il monossido di carbonio (CO), l'ossido il biossido di azoto (NO_x e NO₂), il fumo di tabacco e l'anidride solforosa³⁵.

6.1 IL MONOSSIDO DI CARBONIO

Il monossido di carbonio assume particolare rilevanza essendo tra gli inquinanti prodotti dalla combustione. È un gas tossico, incolore, inodore, insapore e non irritante che, senza ventilazione adeguata, può raggiungere concentrazioni elevate. Viene prodotto per combustione incompleta di qualsiasi materiale organico, in presenza di scarso contenuto di ossigeno nell'ambiente. Per le sue caratteristiche può essere inalato in modo subdolo ed impercettibile, fino a raggiungere nell'organismo concentrazioni letali. Il CO presente nell'aria degli ambienti confinati proviene principalmente dal fumo di tabacco e da fonti di combustione non dotate di idonea aspirazione (radiator portatili a kerosene e a gas, caldaie, scaldabagni, caminetti e stufe a legna o a gas). Il monossido di carbonio può anche provenire dall'esterno quando il locale si trova annesso ad un garage o ad un'autofficina o in prossimità di strade con intenso traffico veicolare. Normalmente nelle abitazioni i livelli sono compresi tra $1,5$ e $4,5\text{mg}/\text{m}^3$. Durante i processi di combustione come sistemi di riscaldamento e di cottura o fumo di tabacco, in condizione di inadeguata ventilazione, le concentrazioni interne possono raggiungere i livelli fino a $60\text{ mg}/\text{m}^3$. Nella Tabella 14. riporto diverse concentrazioni e i loro effetti sull'uomo:

Concentrazione normale nelle abitazioni	Effetti a livello cardiaco (tachicardia e aumento frequenza crisi anginose nei soggetti più suscettibili)	Esacerbazione crisi cardiache, perdita di coscienza
1,5 e 4,5 mg/m ³	Da 10 mg/m ³ in su	60 mg/m ³

Tabella 14.

Il monossido di carbonio è molto pericoloso perché si lega all'emoglobina in maniera molto più stabile, di circa 200-300 volte in più, rispetto all'ossigeno, formando la carbossiemoglobina. In questo modo il monossido di carbonio impedisce il normale trasporto di ossigeno ai tessuti periferici, determinando effetti tossicologici di diversa entità. In concentrazioni ambientali minori a 5 mg/m³ non si hanno effetti apprezzabili sulla salute negli individui sani, mentre in individui con affezioni cardiache anche basse concentrazioni può provocare crisi anginose. La severità delle manifestazioni cliniche da intossicazioni da monossido di carbonio oltre che dalla concentrazione di tale inquinante, dipende anche dalla durata dell'esposizione. Particolarmente suscettibili sono gli anziani, le persone con problemi cardiovascolari e respiratori, le donne in stato di gravidanza e i bambini. Per ridurre l'esposizione da monossido di carbonio gli impianti di riscaldamento dovrebbero essere sottoposti ad una regolare manutenzione, i veicoli devono essere tenuti in spazi non comunicanti con l'abitazione, i sistemi di cottura progettati per l'utilizzo all'aria aperta non devono essere utilizzati in ambienti confinati e la classe medica deve essere sensibilizzata al problema affinché anche la diagnosi eziologica non si trascuri la valutazione del monossido di carbonio come probabile agente eziologico. La progettazione, l'installazione, la manutenzione ed il collaudo del sistema di combustione devono rispettare quanto previsto dalle disposizioni legislative e regolamentari vigenti in materia di sicurezza degli impianti ed in particolare il Decreto 22 gennaio 2008, n. 37, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici. Come anche 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 vigente³⁶.

6.2 IL BIOSSIDO DI AZOTO

Il biossido di azoto (NO₂) è un tipico inquinante dell'aria esterna, originato prevalentemente dal traffico veicolare e tra gli inquinanti più comuni dell'aria indoor, specialmente in Italia, dove sussiste un uso pressoché esclusivo di gas, sia per il riscaldamento, sia per cucinare. L'esposizione a questo composto può risultare, in assenza di adeguata ventilazione, anche superiore a quella dell'aria esterna. Le principali fonti sono costituite da radiatori a cherosene, da stufe e radiatori a gas privi di scarico e dal fumo di tabacco. Inoltre, il biossido di azoto è responsabile del cosiddetto "smog fotochimico", in quanto base per la produzione di una serie di inquinanti secondari pericolosi come l'ozono e l'acido nitrico. Contribuisce per circa 1/3 alla formazione delle piogge acide. Possiamo confermare quindi che il biossido di azoto ha rilevanza tossicologica: provoca irritazione della porzione distale dell'apparato respiratorio con conseguente alterazione delle funzioni polmonari (bronchiti croniche, asma ed enfisema polmonare). Nella Tabella 15 riporto le possibili concentrazioni di biossido di azoto nell'aria e gli effetti sull'uomo:

Concentrazione normale nelle abitazioni	Viene avvertito come odore pungente	Causa irritazione oculare, nasale a carico della gola e tosse	Causa edema polmonare
Da 0,03 a 0,06 ppm (concentrazione raggiunta durante la cottura di cibi con stufe a gas o durante l'uso di stufe a cherosene)	Da 1 a 3 ppm	13 ppm	100 ppm

Tabella 15.

Diversamente dal biossido di azoto, l'ossido di azoto è un inquinante primario che si forma generalmente dai processi di combustione ad alta temperatura ed è un gas a tossicità limitata³⁷.

6.3 IL FUMO DI TABACCO

Il fumo di tabacco ambientale consiste nell'esposizione ad agenti tossici generati dalla combustione del tabacco. È una combinazione di oltre 4000 sostanze, di cui molte sono tossiche, irritanti o cancerogene. Le fonti principali sono rappresentate da fumo di sigaretta, pipa e sigari. Il fumo di tabacco va a formare il particolato aerodisperso ovvero solidi sospesi nell'aria confinata. In presenza di fumo di tabacco si rilevano concentrazioni di particolato di breve periodo fino a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in inverno e $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in estate. Si tratta comunque di valori inferiori a quelli rilevati nell'area esterna di centri urbani. Non ci sono restrizioni per il fumo in casa, mentre per i luoghi pubblici e i posti di lavoro esistono le seguenti leggi. La Legge n.3 del 16/01/03, art.51, in vigore dal 10/01/2005 che sancisce il "Divieto di fumare nei locali chiusi ad eccezione di quelli privati non aperti ad utenti o al pubblico, e quelli riservati ai fumatori e come tali contrassegnati"; la Dir. PCM. del 14/12/1995 che vieta il fumo in determinati locali della pubblica amministrazione o dei gestori di servizi pubblici e la legge n.584 dell'11/11/1975, che sancisce il divieto di fumare in determinati locali e su mezzi di trasporto pubblico. Gli effetti più immediati dell'esposizione al fumo passivo sono irritazione agli occhi e al naso, mal di testa, secchezza della gola, vertigini, nausea, tosse e altri problemi respiratori. Inoltre, provoca un aumento del rischio di malattie ischemiche, malattie cardiovascolari e tumore polmonare. È responsabile di patologie respiratorie dell'infanzia (otite, asma, broncopolmonite). Il fumo delle donne in gravidanza, o l'esposizione a fumo passivo, provoca una significativa riduzione del peso del nascituro; infatti è associato alle morti improvvise del neonato (SIDS, Sudden Infant Death Syndrome) e può avere gravi conseguenze per lo sviluppo della funzione respiratoria dei bambini. Si consiglia di evitare di fumare negli ambienti confinati e comunque ventilare adeguatamente, di non fumare in presenza di bambini e donne in gravidanza e di non fumare all'interno degli autoveicoli, specialmente se sono presenti bambini³⁸.

6.4 L'ANIDRIDE SOLFOROSA

L'anidride solforosa è liberata dai processi di combustione limitatamente agli impianti in cui si bruciano combustibili fossili ricchi di zolfo, quali carbone e gasolio. Si raggiungono così valori intorno ai $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ indoor, vicini alle medie annuali dell'aria atmosferica di molti centri urbani, ma comunque inferiori a quelli stabiliti dagli standard di vari paesi e

a quelli consigliati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) per esposizioni prolungate ($350\mu\text{g}/\text{m}^3$)³⁹

7 LE FIBRE MINERALI NATURALI E ARTIFICIALI

L'amianto è un materiale fibroso naturale, mentre la lana di vetro e di roccia sono fibre artificiali. Questi materiali hanno trovato vasto impiego soprattutto come isolanti e coibenti e secondariamente come materiale di rinforzo e di supporto. Le concentrazioni esterne di amianto oscillano tra 0,1 e 4 fibre/litro, mentre negli edifici con presenza di amianto vanno da uno a 10 fibre/litro nei casi migliori e da 50/200 fibre/litro nei casi peggiori. Per elevate concentrazioni vi è il rischio di cancro del polmone e di mesotelioma, una rara neoplasia della pleura strettamente correlata all'esposizione all'asbesto. L'amianto è stato utilizzato in svariati campi di applicazione fino all'inizio degli anni Novanta, quando sono stati riconosciuti anche a livello legislativo i rischi per la salute derivanti dal suo utilizzo introducendo norme per la sua limitazione e successivamente per il divieto d'uso. Essendo molte le caratteristiche applicative dell'amianto è logico prevedere che la sua sostituzione non si effettua con un unico prodotto, ma necessariamente con una serie di materiali che, a seconda delle diverse applicazioni, possono dare i migliori risultati. I principali materiali sostitutivi sono: la lana di vetro, lana di roccia, lana di scoria, filamenti di vetro e altre fibre artificiali (polipropilene) o naturali (cellulosiche). Le valutazioni tossicologiche su questi prodotti sono ancora in corso: la IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro) classifica i primi tre materiali sopracitati come possibili cancerogeni per l'uomo e la commissione consultiva tossicologica nazionale (CCTN) del Ministero della Sanità ha ritenuto di non dover inserire fibre di vetro, lana di vetro, lana di roccia e fibre ceramiche nella lista dei cancerogeni in quanto le evidenze epidemiologiche e disponibili attualmente è il risultato degli esperimenti sugli animali, che quindi non permettono di concludere che esiste una convincente evidenza di cancerogenicità. Oltre agli effetti cancerogeni è stata confermata la possibilità di insorgenza in operatori che manipolano fibre di vetro e di lana di vetro e lana di roccia di rinite, faringite, bronchite acuta e dermatosi irritativa ⁴⁰.

8 I CONTAMINANTI DI NATURA BIOLOGICA

Il rischio da contaminanti biologici non è ben conosciuto, ma nonostante questo la concentrazione di microrganismi negli ambienti indoor risultano maggiori rispetto alla concentrazione esterna, a causa di una scorretta aerazione, del sovraffollamento di persone o per poco irraggiamento solare capace di una potente azione germicida. Tra le principali fonti di inquinamento microbiologico ci sono gli animali, la polvere, le piante e sicuramente le persone, che sono ottimi veicoli per malattie infettive come per esempio influenza, polmonite, tubercolosi. A queste fonti, si aggiungono gli umidificatori e i condizionatori d'aria, dove la presenza di elevata umidità e l'inadeguata manutenzione facilitano l'insediamento e la moltiplicazione dei contaminanti biologici che poi vengono diffusi nei vari ambienti. Viene così generato il bioaerosol, composto da frammenti vegetali e cellulari, batteri, funghi, virus, parassiti, spore microbiche, presenti come particolato, e i composti organici liquidi o volatili, tra cui i sottoprodotti del metabolismo microbico. Tra i contaminanti biologici indoor più comuni troviamo: 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; i funghi e le 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 e 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 insetti⁴¹. I contaminanti possono agire, infatti, sia singolarmente che in sinergia con altri fattori, come parametri stagionali e meteorologici, condizioni strutturali e microclimatiche, numero e tipologia di soggetti presenti e attività svolta nell'ambiente. Nella Tabella 16 riporto i focolai di trasmissione e patologie indotte da agenti biologici.

Focolai di contaminazione	Agente biologico	Patologie riconosciute
Esercizi di vendita	Miceti: Penicillium, Aspergillus, Alternaria Attinomiceti:	Reazioni di ipersensibilità asma bronchiale, alveoliti

	Thermoactinomyces sacchari, T. vulgaris, Micropolyspora faeni, Thermospora alba, Saccaromonospora viridis, T. fusca T. sacchari	allergiche, rinite allergica, alterazioni cutanee
Uomo (bioaerosol: tosse, starnuti, fonazione)	Batteri e virus	Pneumopatia del contadino, Alveoliti allergiche
Impianti di condizionamento e umidificatori	Batteri, funghi L. pneumophila	Irritazione delle vie respiratorie, polmoniti, tosse, cefalea, malessere, nausea, sintomi respiratori, stati influenzali, pertosse, malattie esantemiche, tubercolosi
Umidificatori	Endotossine Batteri L. pneumophila Pseudomonas spp. Funghi T. vulgari	Polmoniti
Materiali da costruzione, arredamento (carta da parati, tappeti, moquette)	Funghi: Alternaria Aspergillus Cladosporium Penicillium Stachybotris atra, batteri e acari	Reazioni di ipersensibilità asma bronchiale, alveoliti allergiche, rinite allergica, alterazioni cutanee, reazioni allergiche, asma bronchiale

Tabella 16.

Sul piano normativo l'Unione Europea, negli ultimi anni, ha proposto una strategia per l'Ambiente e la Salute, denominata SCALE (Science, Children, Awareness, Legal instrument, Evaluation), finalizzata alla valutazione delle problematiche associate alle matrici ambientali e connesse agli stili di vita della popolazione e al miglioramento della qualità dell'aria indoor soprattutto delle scuole. In anni recenti, anche in Italia, è emersa

l'importanza della valutazione della qualità degli ambienti indoor per la salute pubblica. In particolare, il Piano Sanitario 2006 - 2008, in accordo con il progetto europeo SCALE, ha individuato una serie di procedure di controllo delle patologie correlate all'ambiente, con una particolare attenzione alle fasce più suscettibili, soprattutto quella dei bambini. La sola normativa che riporta indicazioni specifiche circa la sicurezza negli ambienti è il D.lgs. 81/2008 - Capo I, Titolo IX "Sostanze pericolose", all'articolo 229 si indica che il monitoraggio biologico è obbligatorio per i lavoratori esposti agli agenti per i quali è stato fissato un valore limite biologico, che però non fornisce raccomandazioni relative a parametri e limiti di carica batterica o micotica⁴². Inoltre, in linea generale, il condizionamento, attuando il ricircolo dell'aria interna, comporta una ridotta diluizione degli inquinanti che non vengono trattenuti dai sistemi di filtrazione, perché di basso peso molecolare e il fenomeno può peggiorare il livello di qualità dell'aria e far aumentare i sintomi della SBS. Nella seguente Tabella 17 riporto in percentuale un confronto tra le sintomatologie manifestate in ambienti ventilati naturalmente e condizionati, ricavato da un manuale tecnico di condizionamento dell'aria negli edifici:

Sintomi	Ventilazione naturale	Ambienti condizionati
Irritazione naso	5-19%	17-29%
Irritazione occhi	5-20%	17-34%
Irritazione mucose	8-30%	32-56%
Irritazione cute	2-6%	3-16%
Costrizione toracica	2-6%	7-14%
Febbre	2-4%	2-4%
Cefalea	13-40%	34-68%
Sonnolenza	13-50%	42-68%

Tabella 17.

9 GLI INQUINANTI DI NATURA FISICA

9.1 L'INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO

Il fenomeno definito "inquinamento elettromagnetico" o "elettrosmog" è stato definito dall'OMS tra le quattro principali emergenze del pianeta. La massiccia diffusione delle tecnologie elettriche, elettroniche e delle telecomunicazioni, così come il rapido aumento, soprattutto da parte di bambini e adolescenti, del numero di utilizzatori di tali tecnologie, ha dato origine a più alti livelli cumulativi di tempo di esposizione. L'inquinamento

elettromagnetico (elettrosmog) e la conseguente esposizione ai campi elettromagnetici non ionizzanti tende sempre a crescere a causa dell'introduzione nell'ambiente di nuove e svariate sorgenti artificiali come ad esempio impianti di telecomunicazioni, dispositivi elettronici Wi-Fi, telefoni cellulari, linee elettriche ad alta tensione. Mentre sono noti gli effetti acuti che si verificano a livelli di esposizione molto elevati, i risultati di varie ricerche scientifiche non hanno fornito indicazioni univoche sull'insorgenza di effetti nocivi per la salute da esposizioni a lungo termine a bassi livelli di esposizione. Il risultato di tale dibattito è evidente se si considera che nel 2002 l'Agencia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) ha classificato i campi magnetici a bassa frequenza e successivamente i campi elettromagnetici a RF - radiofrequenza (2013) tra i possibili cancerogeni come il caffè, il carburante diesel, piombo, stirene, alcune terapie ormonali per i quali si riscontra un debole legame tra l'esposizione a campi elettromagnetici e un aumentato rischio di tumori. La sentenza dello scorso 30 marzo 2017 del tribunale di Ivrea ha riconosciuto il legame causale tra l'uso scorretto del cellulare e lo sviluppo di un tumore benigno ma invalidante al cervello. Lo studio epidemiologico denominato "INTERPHONE", promosso e coordinato dallo IARC e realizzato in 13 Paesi tra i quali l'Italia, ha fornito indicazioni in merito ad un aumentato rischio di glioma (tumore che si sviluppa a partire dalle cellule gliali del sistema nervoso centrale) nelle persone che utilizzavano in modo intensivo il telefono cellulare⁴³. Inoltre, il rapporto "Bioinitiative 2012", compilato da ricercatori di diversi paesi mondiali, allerta sui possibili gravi rischi per la salute, soprattutto nei bambini, causati da esposizione a lungo termine a radiazioni elettromagnetiche. I campi elettromagnetici (CEM) sono presenti ovunque nell'ambiente e sono generati da sorgenti sia naturali sia artificiali. I parametri fisici importanti da prendere in considerazione sono la frequenza (Hertz); il livello di potenza (Watt o dBm) e la distanza dalla sorgente e la durata dell'esposizione al CEM. Sulla base della frequenza i CEM interagiscono in maniera diversa con la materia vivente. Più è elevata la potenza del CEM, maggiore è la sollecitazione sul corpo umano. In generale, maggiore è la distanza che l'onda elettromagnetica deve "percorrere", maggiore è la potenza che occorre fornire. Come nel caso dei segnali acustici, l'orecchio è sollecitato sia da molte sorgenti a bassa intensità sia da poche ad alta intensità sonora, allo stesso modo il corpo è sollecitato in casa sia da molte sorgenti a bassa intensità (Wi-Fi) sia da poche sorgenti ad alta intensità (il telefonino in fase di chiamata, il cordless). Più si è lontani dalla

sorgente minore è l'esposizione ai campi elettromagnetici irradiati. Possiamo dividere i campi elettromagnetici in quelli di bassa frequenza e di alta frequenza. I campi di bassa frequenza (da 0 Hz a 10kHz) sono generati dai sistemi di generazione, distribuzione, trasformazione ed utilizzazione dell'energia elettrica. Le principali sorgenti indoor sono gli elettrodomestici alimentati ad energia elettrica quali asciugacapelli, radio sveglia lavatrice, rasoio elettrico, ferro da stiro, aspirapolvere, frullatore, lampade, frigorifero e il monitor per PC. I campi di alta frequenza (10 kHz - 300 GHz) sono generati da apparati radiotelevisivi, telefonia cellulare, ponti radio, radar e apparecchiature industriali. Gli effetti sanitari accertati sono la stimolazione dei tessuti elettricamente eccitabili, come i nervi e i muscoli, nel caso dei campi di bassa frequenza, e il riscaldamento dei tessuti, nel caso dei campi di alta frequenza. Questi effetti si definiscono acuti e si verificano solo a livelli di esposizione molto elevati rispetto ai livelli che si riscontrano negli ambienti di vita. In Italia il rispetto dei limiti di esposizione è garantito da attività di monitoraggio da parte delle Agenzie Regionali Prevenzioni e Ambiente che rappresentano uno sportello per il cittadino sull'intero territorio nazionale⁴⁴.

9.2 IL RADON E SUOI PRODOTTI DI DECADIMENTO

Il radon è un gas di origine naturale inerte e radioattivo, incolore, inodore, insapore e quindi non percepibile ai sensi umani generato continuamente da alcune rocce della crosta terrestre (principalmente lave, tufi, graniti e pozzolane) in seguito al decadimento del radio 226 (^{226}Ra), che a sua volta è generato dall'Uranio 238 (^{238}U). Il radon si trasforma spontaneamente in altre sostanze radioattive dette "figli", quali polonio 218 (^{218}Po), polonio 214 (^{214}Po), piombo 214 (^{214}Pb) e bismuto 214 (^{214}Bi), anch'essi radioattivi. L'uranio 238 è il nuclide responsabile della produzione del radon 222 (^{222}Rn), che rappresenta l'isotopo del radon di maggiore rilevanza ai fini del rischio per la salute dell'uomo. Il radon pertanto deriva principalmente dal terreno, dove sono contenuti i suoi precursori, e frequentemente è presente nelle falde acquifere come gas disciolto. Il suolo è responsabile dell'80% del radon presente nell'atmosfera, l'acqua del 19% e le altre fonti solo dell'1%. È circa otto volte più pesante dell'aria, e per questa sua caratteristica tende ad accumularsi negli ambienti confinati e quindi anche nelle abitazioni. Sulla base di numerosi studi epidemiologici il radon è stato classificato dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC), che è parte

dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, come cancerogeno per l'uomo. Oggi il radon è considerato la principale causa di morte per tumore ai polmoni dopo il fumo di tabacco. La principale fonte di radon è il suolo, perciò, i locali degli edifici collocati nei seminterrati o al pianterreno sono in genere quelli particolarmente interessati dal fenomeno. In certi casi anche l'utilizzo di determinate lave, tufi, pozzo lane e di alcuni graniti nella costruzione o nei rivestimenti interni, così come la presenza di acque sorgive ad alto contenuto di radon, può contribuire ad incrementare la concentrazione di radon in door. In questo caso le concentrazioni medio-alte di radon non si presenteranno necessariamente al piano più basso, ma potrebbero riguardare gli ambienti nei quali sono stati utilizzati tali materiali o è usata l'acqua. Anche il luogo e il tipo di costruzione incidono sulla presenza di radon, infatti se la casa si trova in una zona con terreni cristallini, la pavimentazione è poco isolata, le pareti dell'edificio sono diretto a contatto con il terreno o con una cantina poco ventilata o si tratta di un vecchio edificio storico con mura di pietrisco molto spesse si avrà più probabilità che la concentrazione di radon sia alta. La concentrazione di radon può subire variazioni giornaliere e stagionali. In genere i valori più elevati si osservano nelle prime ore del mattino, quando la differenza di temperatura tra l'interno e l'esterno è maggiore. Per lo stesso motivo d'inverno le concentrazioni sono mediamente maggiori di quelle estive ma la variabilità è molto alta. Il valore medio nazionale di concentrazione di radon nelle abitazioni è risultato pari a 70 ± 1 Bq/m³. Il Bq (Becquerel) è l'unità di misura di una sorgente radioattiva, che indica il numero di decadimenti che avvengono in un secondo all'interno di un certo materiale e la capacità di un materiale di emettere radiazioni nucleari. Quindi il Bq/m³ esprime la concentrazione di attività di radon ovvero il numero di decadimenti che avvengono in un secondo in un m³ di aria. Secondo un'indagine nazionale sui livelli di concentrazione di radon nelle abitazioni, condotta dall'Istituto Superiore di Sanità e dall'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici) negli anni 1989-1997 in Italia è stata rilevata una radioattività superficiale elevata soprattutto nelle zone vulcaniche, con profonde faglie tettoniche, del Lazio e della Campania. Anche la Lombardia presenta un'alta radioattività: il valore medio della concentrazione di radon è pari a 117 Bq/m³. Negli ultimi anni, in diverse regioni sono state intraprese campagne per affinare la conoscenza dei livelli di concentrazione di radon presenti nelle diverse parti del territorio. Queste attività vanno anche incontro a quanto previsto dalla normativa (Decreto

Legislativo 230/1995, modificato da Decreto Legislativo 241/2000, art. 10- sexies) che richiede alle Regioni e Province Autonome di individuare le zone del proprio territorio ad elevata probabilità di alte concentrazioni di radon (Radon Prone Areas) sulla base di dati già disponibili e dei risultati di apposite campagne di indagine^{45 46}.

10 GLI EFFETTI DEGLI INQUINANTI NEGLI AMBIENTI CONFINATI - CONSEGUENZE PER LA SALUTE UMANA

10.1 LE MALATTIE CORRELATE ALL'EDIFICIO E LA SINDROME DA EDIFICIO MALATO

La Sindrome dell'edificio malato è un termine di recente formulazione che è diventato d'uso comune solo dai primi anni Ottanta in seguito al riconoscimento da parte dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) del problema come vera e propria patologia. La terminologia malato non è propriamente corretta perché, in realtà, il vero malato non è l'edificio ma le persone che vi risiedono. La casistica rivela che una grande quantità di disturbi affligge gli individui che passano molte ore all'interno di ambienti chiusi. Questa tendenza a passare la maggior parte della giornata in ambienti confinati è una caratteristica tipica delle società occidentali, dovuta all'evoluzione del lavoro e degli stili di vita. Negli ultimi decenni questa abitudine si è fortemente radicata con la conseguenza che, se da un lato è cresciuta l'esigenza di avere ambienti protetti e con standard microclimatici accettabili, dall'altro, è aumentata la necessità di contenere i consumi energetici eliminando gli sprechi e sigillando i luoghi di lavoro. Ci si è preoccupati, quindi, di difendere gli ambienti da minacce provenienti dall'esterno (come il freddo, il caldo, inquinamento dell'aria, rumore), ma non sempre ci si è accorti che, in realtà, il nemico risiedeva già all'interno degli ambienti indoor; il problema, oltre ad ignorarlo, spesso lo si è anche agevolato riducendo la ventilazione naturale e aumentando il ricircolo dell'aria interna. La sindrome dell'edificio malato, come riscontrato dalla stessa OMS, si manifesta attraverso una combinazione di sintomi correlati alla permanenza nell'edificio stesso quali l'irritazione della pelle e delle mucose, il mal di testa, l'affaticamento psichico, la difficoltà di concentrazione. I sintomi più ricorrenti possono essere così classificati nella Tabella 19:

Parti del corpo interessate	Sintomi
Apparato visivo	Senso di secchezza dei bulbi oculari; sensazione di corpo estraneo, bruciore, prurito, iperemia congiuntivale
Apparato respiratorio	Difficoltà respiratoria, problemi al naso e alla gola, rinorrea, occlusione nasale, senso di irritazione e di gola secca, costrizione toracica, dispnea, tracheiti, bronchiti, asma
Cute	Eritema, secchezza, prurito
A livello generale	Cefalea, difficoltà nella concentrazione, ridotta capacità lavorativa, sonnolenza, febbre, vertigini e nausea

Tabella 19.

Tipico della Sick Building Syndrome (SBS) è che la maggior parte dei sintomi svanisce o si attenua fortemente allontanandosi dall'edificio malato. Sebbene i sintomi siano di lieve entità, i casi di SBS che si verificano in ambiente lavorativo possono avere un costo sociale molto più elevato di alcune malattie gravi poiché riducono la capacità produttiva. Le cause di queste sintomatologie non sono state ancora ben chiarite soprattutto per la difficoltà di associare inequivocabilmente le patologie riscontrate con delle precise origini. Diversi studi hanno però individuato alcuni fattori scatenanti legati agli ambienti di lavoro (uffici "open space", affollamento, presenza di tappeti, moquette, tessuti alle pareti, polvere depositata, rumore) e alle caratteristiche degli edifici (tipo di ventilazione, presenza di umidificatori dell'aria e quantità di aria esterna immessa)⁴⁷.

10.2 LA MALATTIA DEL LEGIONARIO

La malattia del legionario o legionellosi può essere considerata una Building Related Illness, ovvero una patologia associata alla permanenza in edifici con quadro clinico ben definito e per le quali può essere identificato uno specifico agente causale di natura biologica, chimica o fisica presente nell'ambiente confinato. La Legionella pneumophila venne isolata per la prima volta a Philadelphia nel luglio 1976: durante il convegno dell'America Legion si ebbe un'epidemia di polmoniti tra gli ex combattenti che vi

partecipavano. Ci furono 221 casi di pneumopatie gravi e 34 decessi in meno di 15 giorni. La famiglia delle legionellaceae contiene un solo genere Legionella con attualmente 58 specie suddivise inoltre 70 sierogruppi e la specie Legionella pneumophila comprende 16 sierogruppi ed è quella maggiormente implicata nella patologia. Il serbatoio naturale della legionella sono le acque sorgive, comprese quelli termali, fiumi, laghi e fanghi. Le modalità di trasmissione sono l'inalazione e l'aspirazione di aerosol contenente legionella. L'aerosol può avere origine spruzzando l'acqua, con il gorgogliamento di aria in acqua e con l'impatto di acqua su superfici solide. Le manifestazioni cliniche della Legionella si differenziano nella malattia dei Legionari (comporta febbre molto elevata > di 39°C, interessa i polmoni e nei peggiori dei casi può causare ascesso polmonare e insufficienza respiratoria e renale) e la febbre di Pontiac (ha una sintomatologia simil-influenzale senza interessamento polmonare ma può causare febbre, malessere generale, mialgie, cefalea lievi sintomi neurologici). A differenza della malattia dei Legionari che ha una elevata mortalità, la febbre di Pontiac ha una risoluzione benigna in pochi giorni anche senza trattamento terapeutico. Gli habitat artificiali della Legionella sono rappresentati dagli impianti idrici, dagli impianti di trattamento aria (umidificatori e sistemi di ventilazione e condizionamento), da piscine o sorgenti termali/vasche idromassaggio e fontane decorative/sprinkler e si sviluppa in un range di temperatura che va dai 20°C ai 50°C. La legionellosi è una malattia soggetta ad obbligo di notifica secondo il DM 15/12/90, inoltre il datore di lavoro nella valutazione del rischio, di cui l'articolo 17, comma 1 del D.lgs. 81/08, tiene conto di tutte le informazioni disponibili relative alle caratteristiche dell'agente biologico e delle modalità lavorative che possono comportare un rischio di esposizione ad agenti biologici. Inoltre, secondo l'art. 15 del D.lgs. 81/08 il datore di lavoro deve adottare le misure generali di tutela per la prevenzione e il controllo del potenziale rischio di esposizione a Legionella, avvalendosi della collaborazione del Medico Competente e del Responsabile del Servizio Prevenzione e Protezione. Per arginare la Legionella è importante in primis individuare le sorgenti di rischio, individuare i fattori di rischio ambientali e soprattutto applicare le misure di prevenzione e controllo della contaminazione microbiologica degli impianti trattamento aria (secondo l'Accordo 7 febbraio 2013 e LG legionellosi 2015) attraverso un'ispezione visiva e una tecnica, accertandosi su chi sia il responsabile della pianificazione degli interventi di manutenzione, su chi sia l'esecutore dell'ispezione tecnica e con quale periodicità debba

essere eseguita. Le misure di prevenzione e controllo per la riduzione del rischio di legionellosi nella rete distribuzione dell'acqua (secondo le linee guida recanti indicazioni sulla legionellosi per i gestori di strutture turistico recettive e termali G.U. n.28 del 4/02/2005) sono le seguenti: mantenere costantemente l'acqua calda a una temperatura maggiore di 60°C nei boiler e la temperatura di distribuzione dell'acqua a più di 50°C; mantenere costantemente l'acqua fredda a una temperatura minore di 20°C, periodicamente far scorrere l'acqua (sia calda che fredda) dai rubinetti delle docce per alcuni minuti; mantenere i rompigitto dei rubinetti e i diffusori delle docce puliti e privi di incrostazioni; ispezionare se possibile i serbatoi dell'acqua fredda e almeno una volta all'anno e disinfettarli con 50mg/l di cloro per un'ora; svuotare, disincrostare e disinfettare i serbatoi di acqua calda almeno due volte all'anno ed ispezionare una volta al mese i serbatoi dell'acqua sanitaria pulendo e disinfettando i filtri dell'acqua ogni 1-3 mesi⁴⁸.

10.3 LA POLMONITE DA IPERSENSIBILITÀ

La polmonite da ipersensibilità è una pneumopatia infiltrativa diffusa caratterizzata da un'inflammatione linfocitaria localizzata a livello delle vie aeree periferiche, degli alveoli e dell'interstizio circostante causata dall'inalazione di alcuni materiali organici o agenti a basso peso molecolare a cui i pazienti sono sensibilizzati e iper-responsivi. La sintomatologia respiratoria tipica è caratterizzata da dispnea e tosse secca a cui possono essere associati sintomi sistemici come malessere e febbre che in genere si manifestano dopo 6-8 ore dall'ultima esposizione. La polmonite da ipersensibilità è una patologia rara con incidenza annuale di 0,9/100.000, corrispondendo al 1,5-12% delle pneumopatie infiltrative diffuse di nuova insorgenza. I soggetti esposti ad isocianati, piscine, condizionatore e fluidi metallici possono sviluppare la polmonite da ipersensibilità rispettivamente nelle seguenti percentuali: 0,9 - 4,7%, 27%, 15% e 5,6%. Gli agenti eziologici possono essere classificati in sei categorie: batteri, funghi, proteine animali, proteine vegetali, sostanze chimiche a basso peso molecolare e metalli. L'HP (Hypersensitivity Pneumonitis) è l'espressione di una risposta immunitaria ritardata nei confronti di un antigene inalatorio a cui il soggetto è stato precedentemente sensibilizzato.

10.4 LA SENSIBILITÀ CHIMICA MULTIPLA

La sensibilità chimica multipla (MCS) è stata definita da Claudia Miller, allergologa e immunologa dell'Università del Texas, (San Antonio, USA) “una condizione che mette a dura prova i pazienti, gli operatori sanitari e le agenzie per la salute e l'ambiente”. Il primo riferimento alla patologia fu fatto nel 1956 da Theron Randolph, allergologo e immunologo statunitense, che parlò di malattia ambientale, ovvero un insieme di disturbi presentati da un gruppo di pazienti dopo l'esposizione a piccole quantità di vari composti chimici (cosmetici, benzine, fumi esausti, inchiostro da stampa, mobilio, tappeti, e additivi dei cibi). Successivamente nel 1987 Mark Cullen, epidemiologo statunitense, coniò il termine Sensibilità Chimica Multipla definendola un disordine acquisito caratterizzato da sintomi ricorrenti, a carico di più organi apparati, che insorgono in risposta ad un'esposizione a sostanze chimiche, anche in concentrazioni molto inferiori a quelle che sono in grado di causare disturbi nella popolazione generale. La Sindrome da sensibilità chimica multipla (Multiple chemical sensitivity syndrome - MCS) o Intolleranza idiopatica ambientale ad agenti chimici (IIAAC) è un disturbo cronico, reattivo all'esposizione a sostanze chimiche, a livelli inferiori rispetto a quelli generalmente tollerati da altri individui. La reale esistenza e definizione di questa sindrome è oggetto di ampio dibattito a livello scientifico e al momento non vi sono ancora solidi parametri di riferimento per la diagnosi di tale patologia. Generalmente la sintomatologia si manifesta dopo un'esposizione o una ritenuta esposizione ad agenti ambientali, spesso segnalata come percezione di uno o più odori; talvolta però non è dimostrabile una relazione temporale tra sintomatologia ed esposizione. Il quadro sintomatologico, che in genere tende a regredire a seguito della rimozione dell'agente chimico implicato, comprende disturbi numerosi e aspecifici, a carico di più organi. Generalmente sono interessati il sistema nervoso e almeno un altro organo o apparato. Il quadro può presentare vari gradi di severità, dal solo malessere e discomfort fino a una grave compromissione della qualità di vita. I sintomi più frequenti sono: malessere generale, senso di stanchezza, turbe neurovegetative (nausea, tachicardia), turbe neurologiche (mal di testa, vertigine, perdita di memoria), turbe dell'umore (ansia, depressione, disturbi psichici vari), dolori muscoloscheletrici, disturbi gastrointestinali e delle vie respiratorie. Alcune ipotesi ritengono che la sindrome sia caratterizzata da disturbi indotti da stress, sviluppati principalmente dalla sensazione di immediato

pericolo per l'esposizione a sostanze sconosciute o che si tratti di una complessa sindrome psicosomatica. L'EPA (USA) ha segnalato che circa un terzo delle persone occupate in ambiente lavorativo chiuso, riferisce una particolare sensibilità a una o più sostanze chimiche comuni. Infine, altri autori, avanzano dubbi sulla reale esistenza di questa malattia come entità patologica a sé stante. La sindrome potrebbe essere legata a una condizione di suscettibilità individuale, piuttosto che alla tossicità delle sostanze^{50 51}.

11 IL CONTROLLO DELL'INQUINAMENTO ALL'INTERNO DEGLI EDIFICI

11.1 IL MONITORAGGIO DELLE SOSTANZE INQUINANTI E IL CONTROLLO DEGLI INQUINANTI INDOOR

Come ho precedentemente scritto, gli inquinanti indoor possono essere di natura chimica, fisica e biologica. Di seguito nella Tabella 20 elenco i principali inquinanti indoor e le rispettive misure di controllo per ridurre la concentrazione.

INQUINANTI	MISURE DI CONTROLLO
Monossido di carbonio	“Adeguata ventilazione con ricambi di aria interna”
Biossido di azoto	“Corretta installazione degli apparecchi a combustione e regolare manutenzione e verifica delle canne fumarie”
Biossido di zolfo	“Rispettare il divieto di fumo ed installare correttamente gli apparecchi di combustione e regolare manutenzione; verifica delle canne fumarie”
Composti Organici Volatili (COV)	“Per minimizzare la concentrazione di COV è indispensabile rispettare il divieto di fumo; scegliere materiali da costruzione e di finitura che ne contengano in quantità limitate, provvedere a lunghe aerazioni dei locali appena costruiti o mantenuti con prodotti contenenti COV, utilizzare i prodotti contenenti COV secondo le istruzioni fornite dai produttori, posizionare fotocopiatrici e stampanti in luoghi con finestre o

	munite di estrattori d'aria, non utilizzare profumatori e deodoranti ambientali”
Formaldeide	“Rispetto del divieto di fumare nei locali indoor. Evitare l'uso di prodotti di legno (compensati, tavole di legno a fibre di media densità MDF utilizzati per pannelli, rivestimenti, pavimenti in legno laminato) o prodotti rivestiti contenenti resine urea-formaldeide (UF). Areare adeguatamente i locali durante e dopo l'applicazione di vernici, rivestimenti liquidi e carta da parati. Con gli impianti di condizionamento mantenere una umidità relativa tra il 40 ed il 60%”
Idrocarburi Policiclici Aromatici	“Rispetto del divieto di fumo ed effettuare la regolare manutenzione degli apparecchi di riscaldamento così come dei condotti di evacuazione dei fumi di combustione”
Fumo di Tabacco ambientale	“Rispettare il divieto di fumo nei locali chiusi. Informare e formare i lavoratori sui rischi legati al tabagismo. La sola presenza di fumo di sigaretta è motivo sufficiente a vietare il ricircolo dell'aria Ai sensi dell'articolo 51, comma 1, lettera b) della Legge 16 gennaio 2003, n. 38 è possibile individuare negli esercizi e nei luoghi di lavoro specifici locali da riservare ai fumatori, e come tali contrassegnati. Questi ultimi devono rispondere ai requisiti tecnico-strutturali e gestionali fissati con il Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri del 23 dicembre 2003”
Amianto	“Ai sensi del D.M. 06/09/1994, dal momento in cui viene rilevata la presenza di MCA in struttura edilizia ad uso civile, commerciale o industriale aperta al pubblico o comunque di utilizzazione

	<p>collettiva, è necessario un programma di controllo e manutenzione al fine di ridurre al minimo l'esposizione degli occupanti. Tale programma implica mantenere in buone condizioni i MCA, prevenire il rilascio e la dispersione secondaria di fibre, intervenire correttamente quando si verifichi un rilascio, verificare periodicamente le condizioni dei MCA. Il proprietario dell'immobile e/o il responsabile dell'attività che vi si svolge dovrà: - designare una figura di responsabile con compiti di controllo e coordinamento di tutte le attività manutentive che possono interessare i materiali di amianto, valutarne lo stato di conservazione dei materiali ed attuare, se del caso interventi di restauro o di bonifica e tenere un'adeguata documentazione da cui risulti l'ubicazione dei MCA. Sulle installazioni soggette a frequenti interventi manutentivi (ad es. caldaia e tubazioni) dovranno essere poste avvertenze allo scopo di evitare che l'amianto venga inavvertitamente disturbato. Importante garantire il rispetto di efficaci misure di sicurezza durante le attività di pulizia, di interventi manutentivi e in occasione di qualsiasi evento che possa causare un disturbo dei MCA. A tal fine dovrà essere predisposta una specifica procedura di autorizzazione per le attività di manutenzione e di tutti gli interventi effettuati dovrà essere tenuta una documentazione verificabile. Fornire una corretta informazione agli occupanti dell'edificio sulla presenza di amianto nello stabile, sui rischi potenziali e sui comportamenti da adottare. Nel caso siano in opera materiali friabili</p>
--	---

	<p>provvedere a far ispezionare l'edificio almeno una volta all'anno, da personale in grado di valutare le condizioni dei materiali, redigendo un dettagliato rapporto corredato di documentazione fotografica. Copia del rapporto dovrà essere trasmesso alla ASL competente, la quale può prescrivere di effettuare un monitoraggio ambientale periodico delle fibre aerodisperse all'interno dell'edificio”</p>
Campi elettromagnetici	<p>“L’I.S.S.1 alla richiesta di chiarire se nella valutazione del rischio da CEM l’identificazione delle sorgenti vada fatta a priori in un luogo di lavoro o si debbano misurare prima i CEM in quel luogo, per poi, se vengono superati i limiti, si debba procedere all’individuazione delle sorgenti risponde che “Il datore di lavoro deve prima di tutto effettuare una ricognizione delle attrezzature e impianti presenti nel luogo di lavoro, e verificare se questi ricadono nella lista delle situazioni “giustificabili” elencate nello standard CENELEC EN 50499 “Procedure for the assessment of the exposure of the workers to electromagnetic fields” (recepito in Italia dalla norma CEI 106-23). Per tali situazioni, che sono intrinsecamente aderenti ai limiti oppure rispettano standard di prodotto ispirati alla raccomandazione 1999/519/CE sulla protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettromagnetici, la valutazione del rischio può limitarsi ad un esame documentale delle caratteristiche tecniche degli apparati e impianti presenti nell’ambiente di lavoro, secondo il principio della giustificazione enunciato all’art. 181 comma 3 del D.lgs. 81/2008”</p>

Radon	“Le tecniche di controllo dell’inquinamento indoor da radon possono schematicamente essere riassunte in: barriere impermeabili per evitare l’ingresso del gas all’interno degli edifici, depressione alla base dell’edificio col fine di intercettare il radon prima che entri all’interno degli edifici aspirandolo per espellerlo nell’atmosfera esterna, pressurizzazione alla base dell’edificio per allontanare il gas e diluire la concentrazione del radon all’interno dell’edificio, aumentando il ricambio d’aria nei locali”
-------	--

Tabella 20²⁸.

11.2 TECNICHE DI INTERVENTO E DI CONTROLLO SULLE FONTI INQUINANTI DELL’ARIA INTERNA

I metodi utilizzati per ottenere una buona qualità dell’aria interna sono essenzialmente tre: la riduzione delle sostanze inquinanti, la rimozione degli inquinanti alla fonte e la diluizione degli inquinanti mediante l’aria esterna (ventilazione).

RIDUZIONE DELLE SORGENTI DI INQUINANTI

La prima azione da compiere è quella di limitare l’immissione in ambiente degli inquinanti, evitando o limitando l’uso di quei materiali e di quelle apparecchiature che emettono contaminanti ed effettuando manutenzioni che riducono o eliminano i rischi di produzione di inquinanti da parte degli impianti. Il metodo non è però di semplice attuazione, soprattutto per quanto riguarda i materiali da costruzione e per i materiali di arredo, per i quali non esistono ancora dati certi sul rilascio di contaminanti, visto che solo da pochi anni ed in pochi Paesi si effettuano misure. Per quanto riguarda le condotte degli impianti di ventilazione, solo da una decina di anni si è scoperto che esse sono sorgenti di contaminanti essenzialmente microbiologici. Tradizionalmente si è sempre prestata attenzione all’operazione di manutenzione delle UTA (unità di trattamento aria). La sporcizia presente nelle condotte d’aria deriva innanzi tutto dalla mancanza di protocolli di protezione da applicare durante la loro messa in opera; infatti, le condotte andrebbero pulite man mano che si installano e sigillate durante le interruzioni della fase di montaggio, evitando così l’accumulo di polvere e sporcizia. Inoltre, durante il funzionamento dell’impianto i filtri, non essendo assoluti, lasciano passare piccolissime frazioni degli inquinanti solidi sospesi nell’aria che, col passare del tempo, si ritrovano

depositati sul fondo delle condotte e costituiscono un ottimo terreno di coltura per microrganismi, soprattutto in presenza di umidità. Il problema diventa ancora più grave se, come spesso avveniva fino a qualche anno fa, le condotte sono internamente coibentate con isolanti termoacustici, i quali, essendo generalmente costituiti da materiali porosi, trattengono molto bene la polvere e la sporcizia in genere. Attualmente esistono dei metodi perfettamente collaudati di ispezione, monitoraggio e pulizia delle condotte, con i quali spesso si può drasticamente ridurre l'inquinamento da impianto di ventilazione. Per quanto riguarda il radon, il controllo alla fonte è attuabile tramite molte tecniche che consentono di ridurre, anche considerevolmente, la concentrazione in ambiente. Nel caso di radon proveniente dal sottosuolo, tali tecniche consistono nell'individuare i percorsi attraverso i quali il gas filtra negli ambienti indoor e nell'ostruirli; per il radon proveniente dai materiali da costruzione, l'uso di intonaci e/o pitture particolari può ridurre anche del 50% la quantità di gas che passa.

RIMOZIONE DEGLI INQUINANTI ALLA FONTE

Il metodo è applicabile quando la produzione di inquinanti avviene in uno spazio limitato e ben definito. In questo caso si usano sistemi di estrazione dell'aria localizzati in corrispondenza della fonte degli inquinanti. Un'applicazione molto diffusa di questo metodo si ha nei laboratori chimici, nei quali si lavora sotto cappe dotate di un sistema di estrazione verso l'esterno per evitare la contaminazione dell'ambiente interno. Per questa applicazione è da sottolineare che non basta adottare il metodo, ma bisogna anche verificarne periodicamente l'efficienza. Il metodo di rimozione degli inquinanti si applica anche nelle camere operatorie per evitare il più possibile che i gas anestetici, inevitabilmente emessi dal soggetto anestetizzato e dal sistema di adduzione del gas stesso, si diffondano in ambiente. Un'apprezzabile conseguenza dell'utilizzo di sistemi di estrazione sta nel fatto che questi, oltre ad eliminare gli inquinanti direttamente alla fonte, favoriscono il ricambio dell'aria nell'ambiente interno. Gli estrattori, installati nei servizi igienici e nelle cucine, generano nell'ambiente una depressione che favorisce l'infiltrazione di aria esterna attraverso i serramenti o, più in generale, attraverso le aperture dell'edificio.

DILUIZIONE DEGLI INQUINANTI

Il meccanismo fisico con cui la ventilazione riduce la concentrazione di inquinanti è quello della diluizione nell'ambiente. La ventilazione può essere naturale o forzata. La

ventilazione naturale, che si ha nella maggior parte dei casi e certamente nella maggior parte degli ambienti residenziali, è dovuta alla differenza di pressione che si instaura tra interno ed esterno dell'edificio, a causa del vento e delle differenze di temperatura, ed alla permeabilità all'aria degli infissi. Il considerevole aumento del costo dell'energia che si è avuto agli inizi degli anni '70 ha indotto a ridurre le portate di ventilazione. Negli edifici con meccanismo di ventilazione naturale si sono così realizzati infissi sempre più a tenuta, ottenendo una riduzione delle dispersioni e delle spese energetiche e un miglioramento dell'isolamento acustico, ma anche una drastica diminuzione delle portate d'aria di rinnovo e quindi un aumento della concentrazione degli inquinanti. L'infisso a tenuta perfetta è pertanto causa di elevatissime concentrazioni di inquinanti per gli ambienti senza impianto di ventilazione, che diventano così sicuramente insalubri e nocivi per gli occupanti. Volendo adottare serramenti a tenuta senza introdurre un impianto di ventilazione, dovrebbero essere installate delle griglie di aereazione; tali dispositivi, molto usate in alcuni Paesi nordeuropei, sono ancora poco conosciute in Italia. Le griglie di aereazione si possono classificare in passive ed attive: le griglie passive sono quelle non dotate di ventilatori, la portata d'aria di ventilazione dipende dalla differenza di pressione esistente tra interno ed esterno e dalla perdita di carico offerta dalla griglia; mentre le griglie attive sono quelle dotate di ventilatori, con le quali la ventilazione è forzata. L'impianto si dice semplicemente di ventilazione se l'aria che viene fornita all'ambiente non viene in alcun modo trattata; di termoventilazione se l'aria viene riscaldata o raffreddata, a seconda della stagione; di condizionamento se l'impianto è in grado di riscaldare e di umidificare l'aria nella stagione invernale e di raffreddarla e deumidificarla in quella estiva.

12 LE NORME RELATIVE ALL'INQUINAMENTO INDOOR NELL'AMBIENTE DI LAVORO

La qualità dell'aria indoor è una tematica su cui porre attenzione a causa del crescente numero di esposti che si vengono a determinare e in considerazione della forte sensibilità su questa problematica dell'opinione pubblica. Diversi Paesi dell'UE hanno introdotto nella loro legislazione norme relative alla qualità dell'aria indoor. In Italia, nel corso degli ultimi anni si sono verificati alcuni miglioramenti importanti; si può infatti rilevare un progressivo aumento di evidenze sui livelli di concentrazione indoor e sui possibili effetti sulla salute umana, anche se non esiste una normativa di riferimento e le maggiori

informazioni riguardano alcuni valori guida o di riferimento negli ambienti confinati. Anche l'UE, pur ribadendo la priorità delle misure di efficienza energetica, raccomanda una maggiore salubrità degli ambienti confinati e lo sviluppo di una specifica strategia europea sul tema della qualità dell'aria indoor. L'Istituto Superiore di Sanità, grazie ai lavori del Gruppo di studio nazionale sull'inquinamento indoor, sta lavorando per la messa a punto di documenti tecnico-scientifici condivisi, al fine di consentire una maggiore omogeneità di azioni a livello nazionale, in attesa di una legge quadro per la qualità dell'aria indoor, che tenga conto delle indicazioni già elaborate dall'OMS. Già nella Prima Conferenza europea su Ambiente e Salute, i ministri dell'Ambiente e della Sanità degli stati membri della Regione europea dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) avevano sottoscritto la Carta europea su Ambiente e Salute (Francoforte, 1989) che riportava, tra le priorità da sottoporre ai governi e alle altre autorità pubbliche, indicazioni sulla "Qualità dell'aria negli ambienti confinati (abitativi, ricreativi e di lavoro), inclusi gli effetti del fumo passivo e dei composti chimici". Su questo tema, la Commissione europea (UE) ha fornito utili contributi grazie ai risultati di un ampio numero di studi finanziati che hanno riguardato problematiche quali, per esempio: il ruolo e il grado di influenza delle sorgenti interne sulla qualità dell'aria indoor per alcuni dei principali inquinanti regolamentati per l'aria ambiente; l'influenza delle abitudini comportamentali degli occupanti; la qualità dei materiali da costruzione, inclusi gli articoli per l'arredamento e il contributo dei prodotti per la pulizia e la presenza di sistemi di aerazione e condizionamento. Inoltre, a conclusione della Settimana verde svoltasi nel 2013 (anno europeo dell'aria), nel documento "Cleaner Air for All" l'UE ha ribadito come "la qualità dell'aria negli ambienti confinati meriti una risposta politica a sé stante, accanto alla più ampia strategia dell'UE sulla qualità dell'aria". Nel citato documento si propone inoltre l'adozione di azioni prioritarie, efficaci ed economiche, quali il divieto del fumo e altre opzioni valide, ma costose, come il miglioramento dei sistemi di costruzione e di ventilazione e le azioni di monitoraggio degli edifici. A livello comunitario diversi Paesi, nell'ambito di appositi programmi, effettuano monitoraggi della qualità dell'aria indoor ai fini di valutazioni ambientali e igienico-sanitarie; questo ha portato alla definizione di valori di riferimento o valori guida sugli inquinanti che presentano una maggiore pressione, in termini quantitativi (massa di inquinante emesso) e qualitativi (persistenza ambientale, tossicità, soglia olfattiva ecc.). In Italia la

problematica della qualità dell'aria indoor è stata affrontata a partire dalla metà degli anni Settanta e, nell'ultimo decennio, è stato stilato l'accordo Stato-Regioni e Provincie autonome concernente le "Linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati" (Conferenza Stato-Regioni. Accordo 27 settembre 2001 - "Linee-guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati". Gazzetta Ufficiale n. 276, 27.11.2001). In aggiunta alle indicazioni tecniche e o alle norme prodotte dalle istituzioni di alcuni Paesi, vanno ricordati i documenti di riferimento europeo, elaborati dagli organismi di normazione come il Comitato europeo di normazione (CEN) e quelli dell'International Organization for Standardization (ISO), che da tempo sono impegnati nello sviluppo di metodiche standardizzate con cui effettuare le misurazioni (metodologie di campionamento, di analisi e di valutazione dei livelli misurati) e riguardano le norme della serie EN ISO 16000 (aria in ambienti confinati) che sono state in parte recepite in Italia dall'UNI (Ente nazionale italiano di unificazione). Gli orientamenti attuali sono quelli messi a punto dall'OMS per l'Europa ovvero le "Linee guida per la qualità dell'aria indoor" relative ad un certo numero di inquinanti presenti in ambienti confinati per i quali le conoscenze scientifiche relative agli effetti sull'uomo sono salde; per quelli ad azione cancerogena viene definito un rischio unitario per la popolazione in generale associato alla loro presenza nell'aria (benzene, biossido di azoto, idrocarburi policiclici aromatici, naftalene, monossido di carbonio, radon e tricloroetilene)⁵².

13 APPROFONDIMENTO SUL D.LGS. n. 81/2008

Il D.lgs.81/2008 fornisce molti strumenti per la prevenzione dell'inquinamento negli ambienti indoor. Le norme dei titoli VIII, IX, X contemplano a carico delle imprese obblighi altamente incisivi contro l'esposizione agli agenti fisici, chimici e biologici. Molto importante l'obbligo di attuare la massima sicurezza tecnologicamente possibile in associazione all'art. 18 c.1, lettera z), che sancisce l'obbligo di aggiornamento previsto a carico del datore di lavoro. Nello specifico l'art.182, sempre del D.lgs. n. 81/2008, stabilisce al comma 1 , che "tenuto conto del progresso tecnico e della disponibilità di misure per controllare il rischio alla fonte, i rischi derivanti dall'esposizione agli agenti fisici sono eliminati alla fonte o ridotti al minimo" mentre al comma 2 "in nessun caso i lavoratori devono essere esposti a valori superiori ai valori limite di esposizione definiti nei Capi II, III, IV e V", e "allorché, nonostante i provvedimenti presi dal datore di lavoro

in applicazione del presente Capo i valori limite di esposizione risultino superati, il datore di lavoro adotta misure immediate per riportare l'esposizione al di sotto dei valori limite di esposizione, individua le cause del superamento dei valori limite di esposizione e adegua di conseguenza le misure di protezione e prevenzione per evitare un nuovo superamento". Nella medesima ottica, l'art. 224, comma 1, del D.lgs. 81/2008 statuisce che, "fermo restando quanto previsto dall'articolo 15, i rischi derivanti da agenti chimici pericolosi devono essere eliminati o ridotti al minimo" (v. anche, quanto agli agenti cancerogeni e mutageni, l'art. 235, commi 1-3, e, quanto all'amianto, l'art. 251, comma 1). Infine, l'art. 272, comma 1, D.lgs. n. 81/2008 dispone che "in tutte le attività per le quali la valutazione di cui all'articolo 271 evidenzia rischi per la salute dei lavoratori il datore di lavoro attua misure tecniche, organizzative e procedurali, per evitare ogni esposizione degli stessi ad agenti biologici".

14 CONCLUSIONI

Sulla base di quanto ho espresso, si rileva l'importanza che in sanità pubblica rivestono le problematiche correlate all'inquinamento indoor, per le ricadute sulla collettività, non solo sociosanitarie ma anche economiche: la prevenzione degli effetti sanitari legati all'inquinamento dell'aria degli ambienti confinati di vita e di lavoro oltre a migliorare la qualità della vita risulta vantaggiosa ai fini economici, in quanto contribuisce alla riduzione della morbosità nella popolazione. Nel definire le strategie di prevenzione primaria bisognerà privilegiare la consapevolezza dei cittadini, per aumentare le possibilità di controllo dei rischi. L'inquinamento "indoor", infatti, rispetto a quello "outdoor", si caratterizza per il particolare coinvolgimento che in esso hanno gli occupanti degli edifici. Questi, infatti, sopportano direttamente le conseguenze negative dell'inquinamento in termini di benessere e qualità della vita ed allo stesso tempo, con i loro comportamenti possono essere responsabili dell'inquinamento stesso. Proprio questo ruolo attivo del cittadino può essere proficuamente sfruttato per realizzare opportune strategie per la gestione del problema, soprattutto attraverso la promozione di comportamenti e stili di vita positivi, improntati alla salute.

15 BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

1. Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e Bolzano; Accordo del 27 settembre 2001. Accordo tra il Ministro della Salute, le Regioni e le Province Autonome sul documento concernente: “Linee-guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati”. Parte 1 – Relazione introduttiva. Premessa, 1 - “La qualità dell’aria indoor (IAQ)”

https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie_generale/caricaDettaglioAtto/originario?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2001-11-27

2. Gruppo di Studio Nazionale sull’Inquinamento Indoor dell’ISS: Strategie di monitoraggio dei composti organici Volatili (COV) in ambiente indoor. 2010. Istituto Superiore di Sanità.

file:///C:/Users/Franc/Downloads/Strategie_di_monitoraggio_dei_composti_organici_volatili_COV_in_ambiente_indoor.pdf

3. Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e Bolzano; Accordo del 27 settembre 2001. Accordo tra il Ministro della Salute, le Regioni e le Province Autonome sul documento concernente: “Linee-guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati”. Parte 1 – Relazione introduttiva. Premessa, 2 - “Relazione inquinamento indoor – outdoor”.

https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie_generale/caricaDettaglioAtto/originario?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2001-11-27

4. Legge 22 dicembre 1888, n.5849 “Sull’ordinamento dell’amministrazione e dell’assistenza sanitaria del Regno” - Legge Crispi-Pagliani.

<https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:legge:1888-12-22;5849!vig=1891-11-18>

5. Istruzioni Ministeriali 20-06-1986 “Compilazione dei regolamenti locali sull’igiene del Suolo e dell’abitato”.

http://architettura.it/notes/ns_nazionale/anno_96/ISTR.MIN.20-6-96.html

6. Decreto Ministeriale (Ministero della Sanità) 05-07-1975 “Modificazioni alle Istruzioni Ministeriali 20 giugno 1896 relativamente all'altezza minima ed ai requisiti Igienico Sanitari principali dei locali d'abitazione”.

<https://www.indicenormativa.it/norma/urn%3Anir%3Aministero.sanita%3Adecreto%3A1975-07-05>

7. Decreto Legislativo 18 agosto 2000, n. 267 “Testo unico sulle leggi, sull’ordinamento degli enti locali a norma dell’articolo 31 della Legge 3 agosto 1999, n.265”.

https://www.bosettiegatti.eu/info/norme/statali/2000_0267.htm

8. Decreto Legislativo 25 novembre 2016, n. 222 “Individuazione di procedimenti oggetto di autorizzazione, segnalazione certificata di inizio di attività (SCIA), silenzio assenso e comunicazione e di definizione dei regimi amministrativi applicabili a determinate attività e procedimenti ai sensi dell’art. 5 della Legge 7 agosto 2015, n.124”.

https://www.bosettiegatti.eu/info/norme/statali/2016_0222.htm

9. F. Cumo, G. Caruso, L. Ferroni, E. Paladino: L’indice di valutazione dell’Indoor Air Quality come indicatore di sicurezza in ambienti lavorativi confinati, con particolare riferimento al terziario avanzato. 17-19 ottobre 2006. Conferenza sulla Valutazione e Gestione del Rischio, Università di Pisa.

<http://conference.ing.unipi.it/vgr2006/archivio/Archivio/2008/Archivio/2002/pdf/116-Cumo-Caruso-Ferroni-Paladino.pdf>

10. Andrea Artusi: Inquinamento dell’aria in ambienti confinati. Corso di Laurea in Ingegneria per l’Ambiente e il Territorio. Tesi dell’Università degli studi di Bologna. Anno 1999.

<http://acustica.ing.unibo.it/Courses/FTA/iaq.pdf>

11. Decreto 20 maggio 1991, Ministero dell’Ambiente “Criteri per l’elaborazione dei Piani Regionali per il Risanamento e la Tutela della Qualità dell’aria”

<https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1991/05/31/091A2401/sg>

12. World Health Organization 2009. Global Health Risks: “Mortality and burden of disease attributable to selected major risks”.

https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44203/9789241563871_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y

13. Gea Oliveri Conti, Caterina Ledda, Maria Fiore, Cristina Mauceri, Salvatore Sciacca, Margherita Ferrante. Rinite allergica in età pediatrica e inquinamento dell'ambiente indoor. Periodico bimestrale Volume LXVII – N. 4 – luglio / agosto 2011. pp. 468,469.

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/45796282/Allergic_rhinitis_and_asthma_in_children20160520-12610-1hfiogx-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1647700290&Signature=I8M~XqeZuFGZom0WhSyQuYDlmK7TPIHUoBHy5ShSXXYDQbO2PnIiNukIxmSn8sCcblQZDTodQAW-ITaOlrlmW4vWqVEKnf4EpqtJacwCTFbo8rB6EluyxYB~rlruSJa8A6nr02n8THgU7970i2vtROjWtHsCoAjekWj1JsWkglJnB-S29tkFyWAIPmY6skXO~UVZ39QHtoDugQS1tIW~diLjsNpTclCgJVFDby9tRhFtu1HwlGVFVzTZP6-mVHiZ8mrA440bIBsyIxECiDMd8STRR9pDSu9B5K9gGh7GO6aCLvy3TTcx4gonVLoRFcMvG7MVt5cPPbB0Y3hTU4Yw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

14. Anna Santarsiero e Sergio Fuselli. Convegno Nazionale Inquinamento Indoor Residenziale-Abitazione e Qualità dell'aria. Roma, 9 ottobre 2009. Riassunti. Istituto Superiore di Sanità

https://www.iss.it/documents/20126/45616/09_C7.pdf/18c23086-63b2-af28-f5af-041c33b5764b?t=1581098629426

15. Ilaria Oberti, Stefano Capolongo, Carlo Signorelli. Comfort ambientale e ventilazione (VMC). Politecnico di Milano.

<http://www.ordinearchitetticomo.it/wp-content/uploads/2013/06/Oberti-LEZIONE-CERTIFICATORE.pdf>

16. A. Santarsiero, L. Musmeci, A. Ricci, S. Corasanti, P. Coppa, G. Bovesecchi, R. Merluzzi, S. Fuselli per il Gruppo di Studio Nazionale sull'Inquinamento Indoor. Parametri microclimatici e inquinamento indoor. 2015. Rapporti ISTISAN 15/25.

https://www.iss.it/documents/20126/45616/09_C7.pdf/18c23086-63b2-af28-f5af-041c33b5764b?t=1581098629426

17. Claudia Galassi, Federica Sarti e Antonella Bonci: SIDRIA, Studi Italiani sui Disturbi Respiratori nell'Infanzia e l'Ambiente. Novembre 2000. Ravenna. Prevenzione nei luoghi di lavoro.

[file:///C:/Users/Franc/Downloads/indice%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Franc/Downloads/indice%20(2).pdf)

18. Vinh Van Tran , Duckshin Park e Young-Chul Lee: Indoor Air Pollution, Related Human Diseases, and Recent Trends in the Control and Improvement of Indoor Air Quality. 2020. International Journal of Environmental Research and Public Health.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7215772/>

19. Università degli Studi di Palermo. Presentazione sul Microclima e inquinamento indoor.

https://www.unipa.it/amministrazione/direzione generale/servizioprof.sistemadisicurezza diateneo/settorediprevenzione e protezione diateneo/.content/documenti_pdf_mauale_di_s icurezza/microclima.pdf

20. F.R. d'Ambrosio Alfano, F. Liotti: La qualità degli ambienti confinati non industriali: il discomfort termoisometrico. Giornale Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia. PI-ME, Pavia 2004.

https://www.researchgate.net/profile/Francesca-Dambrosio-Alfano/publication/242717911_La_qualita_degli_ambienti_confinati_non_industriali_il_discomfort_termoisometrico/links/53fef9940cf21edafd154ae4/La-qualita-degli-ambienti-confinati-non-industriali-il-discomfort-termoisometrico.pdf

21. Luciana Indinnimeo, Annalisa di Coste, Taulant Melengu: 2013 - Anno europeo dell'aria "Clima, qualità dell'aria e la salute respiratoria: situazione in Italia e prospettive" "Inquinamento indoor e salute in età evolutiva". Workshop, Ministero della Salute - GARD Italia. Sapienza Università di Roma, Dipartimento di Pediatria e NPI. Pp. 36,37, 38.

https://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_2388_allegato.pdf

22. Michele del Gaudio, Daniela Freda, Paolo Lenzuni, Pietro Nataletti, Raffaele Sabatino: La valutazione del microclima, l'esposizione al caldo e al freddo: quando è un fattore di discomfort quando è un fattore di rischio per la salute. INAIL, Direzione regionale per la Campania 2018.

<https://www.inail.it/cs/internet/docs/alg-pubbl-valutazione-del-microclima.pdf>

23. Arianna Lepore, Vanessa Ubaldi e Silvia Brini: Inquinamento indoor: aspetti generali e casi studio in Italia. ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. Rapporti 117/2010. Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale.

<https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00010300/10392-rapporto-117-2010.pdf/>

24. U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Sources of Information on Indoor Air Quality – IAQ in large Buildings (1998), Ventilation and Air Quality in offices, Fact Sheet (2000), Building Air Quality – a Guide for building Owners and facility Managers. 2000.

<https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/building-air-quality-guide-guide-building-owners-and-facility-managers>

26. Valerio R.M. Lo Verso: La luce naturale come materiale per l'architettura degli ambienti confinati". Arquitetura Revista v. 2 n° 2, jul-dez 2006. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Sao Leopoldo, Brasil.

<https://www.redalyc.org/pdf/1936/193616283004.pdf>

25. Sergio Fuselli, Loredana Musumeci, Antonella Pillozzi, Anna Santarsiero e Gaetano Settimo per il Gruppo di Studio Nazionale sull'Inquinamento Indoor: Workshop "Problematiche relative all'inquinamento indoor: attuale situazione in Italia". Istituto Superiore di Sanità. Roma 25 giugno 2012. Rapporti ISTISAN 13/39

<https://fdocumenti.com/reader/full/atti-istituto-superiore-di-sanitoldissitbinarypublcont1339webpdf>

27. Cinzia Gravili, Alberto Chezzi, Daniela Pacoda: Qualità ambientale indoor. Università del Salento.

https://www.disteba.unisalento.it/c/document_library/get_file?uuid=002ea12c-18b7-4d20-a51d-a03b7389e8f5&groupId=6046092

28. Raffaele Guariniello, Serena Pollastrini, Catia Pieroni, Massimo Principi e Lory Santarelli: Sindrome da insalubrità degli edifici nel mondo del lavoro. Sicurezza in Edilizia. 2015. Milanofiori Assago (MI): Wolters Kluwer, pp.95,96. Per la Tabella 20 faccio riferimento alla Tabella delle pp. 41-45.

29. Silvia Piardi: Materiali da costruzione e inquinamento indoor - Sono moltissimi i fattori che condizionano la qualità dell'aria negli spazi che abitiamo. Tratto da "AMBIENTE COSTRUITO" – n.4/1998.

http://www.itimarconi.ct.it/doceboCms/MINISPERIMENTAZIONI_MATERIALI/BIOARCHITETTURA/LETTERATURA/Materiali%20da%20costruzione%20e%20inquinamento%20indoor.pdf

30. Giunta Regionale Toscana: Elenco base dei materiali per l'edilizia sostenibile. Direzione Generale della Presidenza, Area di Coordinamento Programmazione e controllo. Settore Programmazione dello Sviluppo. 22 gennaio 2005.

<http://www.casaportale.com/public/uploads/norme-8620-pdf10.pdf>

31. M. Imbriani, ML. Fiorentino, L. Maestri, MG. Marsilio e S. Ghittori: Inquinamento indoor e monitoraggio biologico di composti organici volatili (COV). Direzione Generale della Ricerca Sanitaria Biomedica-Ministero della Salute. Scientific IRCCS Network. Luglio 1996.

<https://moh-it.pure.elsevier.com/en/publications/indoor-pollution-and-biological-monitoring-of-volatile-organic-co>

32. Briguglio Sara Carmela: Composti Organici Volatili come marcatori di inquinamento e alterazione del metabolismo. Università degli Studi di Trieste. 26 aprile 2017.

<https://arts.units.it/retrieve/handle/11368/2908132/187391/tesi%20Dottorato%20definitiva%20-%20BRIGUGLIO.pdf>

33. Commissione Tecnico-Scientifica per l'elaborazione di proposte d'intervento in materia di inquinamento indoor (D.M. 8 aprile 1998): Piano Nazionale di Prevenzione per La tutela e la promozione negli ambienti confinati. Ministero della Sanità, Dipartimento della prevenzione. Ultima revisione marzo 2000.

https://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_2435_allegato.pdf

34. Roberto Calisti, Lucia Isolani: Dal “fondo ambientale indoor” all'esposizione occupazionale “qualificata” alla formaldeide. Aspetti legislativi in Italia (riflessioni sull'applicazione degli articoli 242 e 243 del d.lgs. 81/08). Atti di Convegno. Giugno 2019.

https://www.researchgate.net/profile/Roberto-Calisti-2/publication/334459380_Proceedings_of_the_CANC_TUM_2018_workshop_-_Civitanova_Marche_Italy_2018_june_28-30/links/5d2c538592851cf440850b22/Proceedings-of-the-CANC-TUM-2018-workshop-Civitanova-Marche-Italy-2018-june-28-30.pdf

35. Sergio Fuselli A. Santarsiero, L. Musmeci per il Gruppo di Studio Nazionale sull'Inquinamento Indoor: La qualità dell'aria indoor: attuale situazione nazionale e comunitaria. L'esperienza del Gruppo di Studio Nazionale sull'inquinamento Indoor. Rapporti ISTISAN 15/4 Workshop – Roma, 28 maggio 2014.

<http://docplayer.it/25070424-Istituto-superiore-di-sanita.html>

36. Flavio Quarantiello, Federica Gallicola, Laura Timpone: Intossicazione da monossido di carbonio. Articolo della Rivista Medico e Bambino 2/2019. Pp. 1 -7.

https://www.researchgate.net/profile/Flavio-Quarantiello-2/publication/332265871_Carbon_monoxide_poisoning/links/5fe45e9345851553a0e752bb/Carbon-monoxide-poisoning.pdf

37. Direzione Generale della prevenzione sanitaria, Direzione generale della comunicazione e dei rapporti europei e internazionali: Ossido e biossido di azoto (NOx e NO2). 2015.

https://www.salute.gov.it/imgs/C_17_opuscoliPoster_283_ulterioriallegati_ulterioreallegato_0_alleg.pdf

38. Giovanni Invernizzi, Ario Ruprecht, Cinzia De Marco, Roberto Mazza, Edoardo Rossetti, Ivan Pozzati, Giovanna Sommella, Francesco Mazzoleni, Germano Bettoncelli e Roberto Boffi: La qualità dell'aria indoor e outdoor: le implicazioni per il fumo di tabacco. Tobacco Control Unit, Istituto Nazionale Tumori/SIMG, Milano; Azienda Ospedaliera Monaldi, Napoli. Articolo di una rivista. Pp. 13-16.

https://www.simg.it/Riviste/rivista_simg/2006/03_2006/5.pdf

39. Massimo Baldini, Fabio Fabietti, Stefania Giammarioli, Roberta Onori, Leucio Orefice e Angelo Stacchini: Metodi di analisi utilizzati per il controllo chimico degli alimenti. Rapporti ISTISAN 96/34. ISS 1996.

[file:///C:/Users/Franc/Downloads/9634%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Franc/Downloads/9634%20(1).pdf)

40. David Berrigan: Respiratory Cancer and Exposure to Man-Made Vitreous Fibers: A systematic Review. 2002.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12271483/>

41. WHO/Europe. WHO guidelines for indoor air quality: Dampness and mould. WHO; 2009.

<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/164348/9789289041683-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

42. Marasca G, editor. American Public Health Association. Manuale per il controllo delle malattie trasmissibili: Rapporto ufficiale dell'American public health association. Italian edition. Roma: Dea. 2004.

http://download.acca.it/BibLus-net/Sicurezza/Rischi_Biologici.pdf

43. S. Curcuruto, M. Logorelli, C. Ndong: Inquinamento Elettromagnetico. Qualità dell'ambiente urbano, V Rapporto Ispra. Edizione 2008. Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale - Servizio Agenti Fisici. Pp. 289-296.

https://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/statoambiente/3617_V_Rapporto_Aree_urb.pdf

44. Agenzia regionale per la Protezione dell'ambiente della Basilicata, Progetto ambiente e Scienza: I campi elettromagnetici. Dicembre 2018.

http://www.arpab.it/comunicazione/ambiente_scienza/public/Opuscolo-I-campi-elettromagnetici-compressed.pdf

45. Sergio Iavicoli: Il radon in Italia. INAIL, guida per il cittadino.

<https://www.inail.it/cs/internet/docs/alg-pubbl-il-radon-in-itali-quaderno.pdf>

46. Salgado-Espinosa, J.M. Barros-Dios, A. Ruano-Ravina: Radon exposure and oropharyngeal cancer risk, Cancer Lett. 2015 aug 31.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26335172/>

47. Stefano Albo: La Sindrome Dell'edificio Malato (Sick Building Syndrome). Marzo 2005. The Occupational Health & Safety + Environmental Quarterly Magazine.

<http://www.hse-mag.com/archivio/Vol.-3-n.1.pdf>

48. Antonella Mansi: Il rischio di esposizione a Legionella spp. in ambito occupazionale: misure di prevenzione e controllo” Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro e Ambientale. Bologna 19/21 ottobre 2016.

49. Giulia Dei, Alice Biffi, Alberto Pesci: Polmonite da ipersensibilità ed esposizione professionale, Hypersensitivity pneumonitis and professional exposure. Malattie respiratorie occupazionali a cura di Stefania Cerri. Clinica Pneumologica, Università degli Studi di Milano-Bicocca, Ospedale San Gerardo, ASST Monza.

[file:///C:/Users/Franc/Downloads/109-File%20dell'articolo-254-1-10-20200626%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Franc/Downloads/109-File%20dell'articolo-254-1-10-20200626%20(1).pdf)

50. Daniela Caccamo: Inquadramento Fisiopatologico della Sensibilità Chimica Multipla e potenziali marcatori diagnostici. Dipartimento BIOMORF, Università di Messina.

https://www.senato.it/application/xmanager/projects/leg18/attachments/documento_evento_procedura_commissione/files/000/068/201/CACCAMO_1.pdf

51. Sindrome da Sensibilità Chimica Multipla. Ministero della Salute.

https://www.salute.gov.it/portale/temi/p2_6.jsp?lingua=italiano&id=4405&area=indor&menu=salute#:~:text=La%20Sindrome%20da%20sensibilit%C3%A0%20chimica,indivi%20e%20in%20assenza%20di

52. Andrea Artusi: Inquinamento dell'aria in ambienti confinati. Università degli Studi di Bologna, Facoltà di Ingegneria. Corso di Laurea In Ingegneria per l'Ambiente il Territorio. Anno 1999.

16 RINGRAZIAMENTI

Arrivata alla fine di questo percorso unico e indimenticabile, voglio ringraziare di cuore tutti coloro che hanno assistito alla mia crescita professionale e personale. Ringrazio in primis la mia famiglia, che mi ha sempre supportato e ha da sempre creduto in me, anche nei momenti in cui io ero la prima a non crederci. Ringrazio le mie amiche, che con le piccole attenzioni mi hanno fatto sentire la loro vicinanza e la loro presenza. Ringrazio una persona in particolare, che non mi conosce da molto, ma che fin da subito ha saputo capirmi, spronarmi, dedicarmi le sue parole e i suoi gesti sapendomi tirare su anche nei momenti di difficoltà. Ringrazio i miei colleghi universitari, che durante questi tre anni, tra alti e bassi, hanno sempre avuto un occhio di riguardo nei miei confronti e mi hanno fin da subito accettata per quella che sono. Ringrazio tutti i miei professori, i loro insegnamenti, per avermi formato e spero, a mia volta, di aver anche io trasmesso loro qualcosa di mio. Voglio ringraziare chi non è più qui presente fisicamente oggi, ma mi osserva e incita ogni giorno. In generale voglio ringraziare tutte le persone che durante questi tre anni hanno saputo cogliere, vedere il buono e le capacità che ci sono in me; che le hanno sapute apprezzare e far sbocciare. Infine, ringrazio me stessa per la ragazza che ero e per la donna che sono diventata. Mi auguro di essere sempre forte, di avere la grinta e la passione per perseguire i miei obiettivi, per rendere orgogliosa me stessa e chi mi ama. Che questo possa essere il primo di tanti altri traguardi. Grazie a tutti.