REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Allegato alla Delib.G.R. n. 5/31 del 29.1.2019

PIANO REGIONALE DI PREVENZIONE 2014/2018

adottato con DGR n. 30/21 del 16 giugno 2015 e rimodulato e prorogato
al 31.12.2019 con DGR n. 33/9 del 26.06.2018

Programma P-8.2 "Supporto alle Politiche Ambientali"

Azione P-8.2.4 "Promozione di buone pratiche in materia di sostenibilità ed eco-compatibilità nella costruzione/ristrutturazione di edifici per il miglioramento della qualità dell'aria indoor"

REPORT

Attività P-8.2.4.5

Indirizzi in materia di sostenibilità ed eco-compatibilità nella costruzione/ristrutturazione di edifici al fine di migliorare la qualità dell'aria indoor, anche in relazione al rischio radon, per orientare i regolamenti edilizi in chiave eco-compatibile.

GENNAIO 2019

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Il presente Report -redatto nell'ambito dell'Attività P-8.2.4.5 "*Predisposizione indirizzi regionali*" dell'Azione P-8.2.4 "*Promozione di buone pratiche in materia di sostenibilità ed eco-compatibilità nella costruzione/ristrutturazione di edifici per il miglioramento della qualità dell'aria indoor*" del Programma P-8.2 del Piano Regionale di Prevenzione 2014-2018 (adottato con DGR n. 30/21 del 16.06.2015 e rimodulato e prorogato al 31.12.2019 con DGR n. 33/9 del 26.06.2018)- è stato ratificato, nella seduta del 08.01.2019, dal Gruppo di Lavoro Intersettoriale di cui alla Determinazione n. 1195 del 15.11.2017 del Direttore Generale della Sanità.

Il Gruppo di Lavoro

- Dott. Augusto Sanna in rappresentanza dell'Assessorato Regionale dell'Igiene e Sanità e dell'Assistenza Sociale
- Dott.ssa Grazia Serra in rappresentanza della S.S.D. Salute e Ambiente della ASSL di Cagliari (Capofila in materia di Salute e Ambiente)
- Ing. Sergio Goddi in rappresentanza dell'Assessorato Regionale della Difesa dell'Ambiente
- Ing. Barbara Costa in rappresentanza dell'Assessorato Regionale degli Enti Locali, Finanze ed Urbanistica
- Dott.ssa Donatella Fracasso in rappresentanza dell'ATS-ASSL di Sassari
- Dott. Carlo Oggiano in rappresentanza dell'ATS-ASSL di Olbia
- Dott. Berndt Fischbach in rappresentanza dell'ATS-ASSL di Nuoro
- Dott. Ugo Stochino in rappresentanza dell'ATS-ASSL di Lanusei
- Geom. Giovanni Pietro Moretti in rappresentanza dell'ATS-ASSL di Oristano
- TdP Dott. Luigi Piano in rappresentanza dell'ATS-ASSL di Sanluri
- Geom Danilo Serra (supplente Geom. Pierpaolo Arca) in rappresentanza dell'ATS-ASSL di Carbonia
- Dott. Pierpaolo Nurchis in rappresentanza dell'ATS-ASSL di Cagliari
- Prof. Marco Schintu del Dipartimento di Scienze Mediche e Sanità Pubblica dell'Università degli Studi di Cagliari
- Dott. Alessandro Serci in rappresentanza dell'ARPAS
- Dott. Umberto Oppus. in rappresentanza dell'ANCI Sardegna
- Arch. Silvano Piras in rappresentanza dell'Ordine degli Architetti, Pianificatori, Paesaggisti e Conservatori della Provincia di Cagliari, del Medio Campidano e di Carbonia Iglesias
- Arch. Giacomo Enrico Mentasti in rappresentanza dell'Ordine degli Architetti, Pianificatori, Paesaggisti e Conservatori delle Province di Sassari e Olbia-Tempio
- Arch. Gabriele Manca in rappresentanza dell'Ordine degli Architetti, Pianificatori, Paesaggisti e Conservatori della Provincia di Oristano
- Arch. Antonio Dejua in rappresentanza dell'Ordine degli Architetti, Pianificatori, Paesaggisti e Conservatori delle Province di Nuoro e Ogliastra
- Ing. Luigi Costante (supplente Ing. Luigi Berti) in rappresentanza dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cagliari
- Ing. Pierpaolo Scanu in rappresentanza dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Sassari
- Dott. Geol. Mauro Pompei (supplente Dott. Geol. Antonio Soggiu) in rappresentanza dell'Ordine dei Geologi della Sardegna.

Il Gruppo di Lavoro Intersettoriale si è avvalso del supporto tecnico-scientifico dell'Ing. Paolo Desogus, nell'ambito dell'apposito incarico libero-professionale stipulato tra il medesimo e l'ATS-ASSL di Cagliari.

Cagliari 08.01.2019

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Indice

Premessa 3
1 Ambiente confinato e indoor – Inquadramento generale 4
1.1 L'ambiente confinato come determinante di salute 4
1.2 Esposizione agli inquinanti indoor 5
1.3 Principale normativa di riferimento 7
2 Finalità e campo di applicazione 10
3 Definizioni 11
4 Nuovo complesso edilizio (Contesto urbanistico territoriale) 13
4.1 Analisi del sito 13
4.2 Interazione tra il nuovo complesso insediativo ed il contesto territoriale 17
4.3 Riduzione dell'esposizione all'inquinamento atmosferico outdoor 19
4.4 Riduzione dell'esposizione da inquinanti indoor 21
5 Nuove costruzioni, demolizioni e ricostruzioni, ampliamenti, ristrutturazioni importanti 28
5.1 Analisi del sito 28
5.2 Interazione tra il nuovo edificio ed il contesto territoriale 28
5.3 Riduzione dell'esposizione all'inquinamento atmosferico outdoor 30
5.4 Riduzione dell'esposizione da inquinanti indoor 31
6 Riqualificazione di edifici esistenti 32
6.1 Analisi del sito 32
6.2 Interazione tra l'edificio ed il contesto territoriale 32
6.3 Riduzione dell'esposizione all'inquinamento atmosferico outdoor 34
6.4 Riduzione dell'esposizione da inquinanti indoor 34
7 Bibliografia 41
ALLEGATO A Principali patologie connesse all'inquinamento dell'aria Indoor 44
ALLEGATO B Schede riassuntive dei principali inquinanti indoor 58
ALLEGATO C Approfondimento sui metodi e tecnologie per il miglioramento della qualità dell'aria indoor 74

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Premessa

L'Azione P-8.2.4 del Programma P-8.2 "*Supporto alle Politiche Ambientali"* del Piano Regionale di Prevenzione 2014-2018 (PRP), adottato con Deliberazione della Giunta Regionale n. 30/21 del 16.06.2015, rimodulato e prorogato al 31.12.2019 con Deliberazione della Giunta Regionale n. 33/9 del 26.06.2018, ha la finalità di promuovere le buone pratiche in materia di sostenibilità ed eco-compatibilità nella costruzione/ristrutturazione di edifici, anche in relazione al rischio radon, per il miglioramento della qualità dell'aria indoor, mediante la predisposizione, l'adozione e la divulgazione di Indirizzi regionali specifici per orientare i regolamenti edilizi in chiave eco-compatibile, come stabilito nel Piano Nazionale della Prevenzione 2014/2018 (approvato con l'Intesa Stato-Regioni Rep. n. 156/CSR del 13.11.2014, recepita con Deliberazione della Giunta Regionale n. 53/28 del 29.12.2014).

A tale scopo è stato coinvolto un apposito Gruppo di Lavoro intersettoriale (appositamente costituito con Determinazione del Direttore Generale della Sanità n. 38/2016 e modificato/integrato con Determinazioni del medesimo Direttore n. 1370/2016, n. 1101/2017 e n. 1195/2017) comprendente i rappresentanti dell'Assessorato dell'Igiene e Sanità e dell'Assistenza Sociale, dell'Assessorato della Difesa dell'Ambiente, dell'Assessorato degli Enti Locali, Finanze ed Urbanistica, dei Dipartimenti di Prevenzione ASL (ora ASSL dell'ATS Sardegna), del Dipartimento di Scienze Mediche e Sanità Pubblica dell'Università degli Studi di Cagliari dell'ARPAS, dell'ANCI Sardegna, dell'Ordine Professionale degli Architetti, Pianificatori, Paesaggisti e Conservatori, dell'Ordine Professionale degli Ingegneri e dell'Ordine Professionale dei Geologi.

Tale Gruppo di lavoro ha proceduto nel 2016, come previsto dall'Attività P-8.2.4.2 della summenzionata Azione, al reperimento di documentazione (dati, studi, linee guida, Regolamenti edilizi) in materia di sostenibilità ed eco-compatibilità nella costruzione/ristrutturazione di edifici anche in relazione al rischio radon, in ambito regionale, nazionale ed internazionale, per ampliare il quadro conoscitivo sulle problematiche correlate alla qualità dell'aria indoor e sui sistemi di riduzione/abbattimento dei livelli degli inquinanti indoor, ed ha, nell'ambito della suddetta Attività, prodotto un Report, ratificato dal medesimo Gruppo di lavoro il 16.12.2016 e pubblicato sul sito istituzionale della Regione Sardegna all'indirizzo: http://www.regione.sardegna.it/j/v/2568?s=328000&v=2&c=1250&t=1.

Il materiale raccolto nell'ambito della suddetta Attività P-8.2.4.2 dell'Azione P-8.2.4 è stato analizzato ed elaborato nel corso del 2017 dal Gruppo di lavoro che, in attuazione dell'Attività P-8.2.4.3, ha prodotto il Report relativo allo stato dell'arte in materia, ratificato dal medesimo Gruppo di lavoro il 18.12.2017 e pubblicato sul sito istituzionale della Regione Sardegna al predetto indirizzo.

Sulla base di quanto prodotto nel corso dell'Attività P-8.2.4.3, in attuazione dell'Attività P-8.2.4.5 (così come rinominata a seguito della rimodulazione di cui alla suddetta Deliberazione della Giunta Regionale n. 33/9 del 26.06.2018), il Gruppo di lavoro ha elaborato il presente Report contenente gli indirizzi in materia di sostenibilità ed eco-compatibilità nella costruzione/ristrutturazione di edifici al fine di migliorare la qualità dell'aria indoor, anche in relazione al rischio radon, per orientare i regolamenti edilizi in chiave ecocompatibile.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

1 Ambiente confinato e indoor - Inquadramento generale

1.1 L'ambiente confinato come determinante di salute

Con la definizione *"ambiente confinato"* si vuole indicare non solo la casa (ambiente di vita per eccellenza) o il luogo di lavoro (non industriale) ma anche 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.), i mezzi di trasporto pubblici e/o privati (auto, treno, aereo, nave, etc.). È quindi evidente quanto gli ambienti indoor siano complessi e articolati e che per la loro caratterizzazione, in termini di salute pubblica, sia necessario un approccio multidisciplinare che spazia dal campo più strettamente tecnico (geologia, ingegneria, fisica e chimica) all'area bio-medica, per arrivare alla sociologia, all'urbanistica ed all'economia. Con il termine "*indoor*" si intende un ambiente complesso riservato alle funzioni residenziali/abitative (ambiente di vita).

Negli ambienti indoor la qualità dell'aria è un importante determinante di salute, sia perché i livelli di inquinamento sono maggiori rispetto all'ambiente esterno per numerose classi di inquinanti (radon, allergeni, fumo di tabacco ambientale, benzene, monossido di carbonio, ecc.), sia per il fatto che i soggetti più vulnerabili (bambini, disabili e anziani) trascorrono negli ambienti chiusi una percentuale di tempo più elevata rispetto al resto della popolazione.

L'Organizzazione Mondiale di Sanità (WHO) stima nell'ordine di 6,5 milioni il numero di decessi associati all'inquinamento indoor e outdoor nel mondo, pari all'11,6% del totale (riferito al 2016), ma già nel 2012 la stima di decessi associati al solo inquinamento indoor è stata di 3,5 milioni.

In Italia, l'Istituto Superiore di Sanità, in collaborazione con il Ministero della Salute ed altri istituti di ricerca, nel 2010 ha istituito un apposito gruppo di studio ed ha pubblicato numerose monografie inerenti la qualità dell'aria indoor, approfondendone i vari aspetti, da quelli più strettamente tecnici a quelli economici. In particolare, nel rapporto *ISTISAN 13_39 del 2012,* anche se non sono disponibili dati e informazioni del tutto esaurienti, viene stimato, come riportato nella seguente tabella, l'impatto sulla salute e quindi sociale ed economico, attribuibile all'inquinamento indoor.

Inquinante	Malattia	Impatto sanitario	Costi diretti (in euro)
Allergeni (acari, muffe, forfore animali	Asma bronchiale (bambini/adolescenti)	>160.000 casi prevalenti/anno	>80 milioni
Radon	Tumore del polmone	1.500-6.000 decessi/anno	25-105 milioni
Fumo di tabacco ambientale	Asma bronchiale (bambini/adolescenti)	>30.000 casi prevalenti/anno	>15 milioni
	Infezioni acute delle vie aeree superiori e inferiori	>50.000 nuovi casi/anno	non valutabile
	Tumore del polmone	>500 decessi/anno	>9 milioni
	Infarto del miocardio	>900 decessi /anno	>7,5 milioni
Benzene	Leucemia	36-190 casi/anno	0,5-3,5 milioni
Monossido di Carbonio	Intossicazione acuta da CO	>200 decessi /anno	0,5 milioni

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Valutazione quantitativa dell'impatto sulla salute della popolazione e dei costi diretti per l'assistenza sanitaria attribuibili ogni anno agli inquinanti indoor. (Rapp. ISTISAN 13_39 2012).

Da tutto ciò ne deriva che la casa (e non solo) dovrebbe essere un luogo sicuro, specialmente per le persone più vulnerabili e per quelle che trascorrono la maggior parte del loro tempo al suo interno; riuscire a garantire un patrimonio edilizio sano e più sicuro, porterebbe grandi benefici per la salute pubblica e contribuirebbe a rafforzare le azioni di prevenzione primaria da porre in essere per ridurre le malattie non trasmissibili.

La trasmissione relativa alla presenza di inquinanti indoor può avvenire principalmente per via inalatoria, ma non si deve trascurare la via per ingestione e per contatto dermico. Inoltre, gli effetti sanitari non sono legati all'effetto del singolo agente, ma quasi sempre più fattori concorrono sinergicamente al potenziamento degli effetti patogeni. Uno stesso agente può essere assunto per vie diverse ed esplicare effetti differenti in funzione dell'organo bersaglio.
Gli eventi acuti non sempre sono legati ad esposizioni con dosi elevate, come ad esempio intossicazioni da monossido di carbonio o reazioni a sostanze caustiche o irritanti; in altri casi, come nelle reazioni allergiche, gli effetti sono scatenati anche per esposizioni a dosi basse.
Tuttavia, sempre più spesso, sono le patologie croniche ad essere correlate con la qualità dell'ambiente indoor, non solo per i classici organi bersaglio (apparato respiratorio, cute, mucose) ma anche per apparati ed organi non direttamente esposti (sistema nervoso, endocrino, immunologico).
Accanto alle patologie ben conosciute sono state descritte delle sindromi caratterizzate da manifestazioni sintomatologiche riconducibili ad effetti neurosensoriali responsabili di condizioni di malessere e disconfort.
In allegato A sono riportate le principali patologie e sindromi associate a fenomeni di inquinamento indoor.
Secondo la WHO un'abitazione può essere definita "sana" se è in grado di promuovere il benessere fisico, sociale e mentale dei suoi occupanti attraverso una progettazione, costruzione, manutenzione e collocazione territoriale dell'edificio in grado di supportare un ambiente sostenibile.

La Società Italiana di Igiene ha pubblicato il *Decalogo SLTL per una casa sana e sicura e linee d'indirizzo per la programmazione*[1] dove sono indicate le azioni prioritarie da attuare in ambito edilizio.

1.2 Esposizione agli inquinanti indoor

La qualità dell'aria indoor influenza la salute e il comfort delle persone, considerata la prolungata permanenza della popolazione negli ambienti interni. Comprendere e controllare gli inquinanti più comuni è fondamentale per ridurre il rischio di effetti nocivi sulla salute, che possono verificarsi subito dopo l'esposizione (effetti a breve termine) o anche dopo un tempo prolungato (effetti a lungo termine).

Gli effetti a breve termine possono manifestarsi poco dopo una singola esposizione o per esposizioni ripetute ad un inquinante; questi includono irritazione (degli occhi, naso, gola e pelle), mal di testa, vertigini, stanchezza

[1] La pubblicazione completa può essere reperita al seguente link:.
http://www.igienistionline.it/docs/2015/54lineeguidacasasana.pdf

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

e nausea. Poco dopo l'esposizione, i sintomi di alcune malattie, come ad esempio l'asma, possono manifestarsi oppure possono peggiorare. La sensibilità individuale varia enormemente da persona a persona: alcuni individui possono diventare sensibili agli inquinanti biologici o chimici dopo esposizioni ripetute o ad alto livello di concentrazione. Alcuni effetti a breve termine sono simili a quelli del raffreddore o di altre malattie virali, per cui spesso è difficile stabilire se i sintomi siano il risultato dell'esposizione all'inquinamento indoor. Se tali effetti diminuiscono o svaniscono allontanandosi da quell'ambiente, si dovrebbero identificare le sorgenti della contaminazione dell'aria interna che possono esserne possibili cause.

Gli effetti a lungo termine possono manifestarsi dopo anni dall'esposizione o dopo lunghi o ripetuti periodi di esposizione. Questi effetti comprendono alcune malattie respiratorie, cardiache e tumorali, ed è quindi importante cercare di migliorare la qualità dell'aria all'interno della casa, anche in assenza di sintomi precoci.

Le fonti di inquinamento indoor che possono comportare danni alla salute derivano:

- dall'inquinamento atmosferico outdoor;
- dalle combustioni;
- dall'uso di tabacco;
- dai materiali da costruzione e arredi;
- da prodotti e materiali per la manutenzione dei componenti dell'edificio e degli arredi;
- dai sistemi di riscaldamento e raffreddamento centralizzati e dai dispositivi di umidificazione;
- dalle condizioni termoigrometriche (elevata temperatura ed alto tasso di umidità relativa);
- dai prodotti per la pulizia domestica, la cura personale e da attività hobbistiche.

L'importanza relativa di ogni singola fonte dipende dalla quantità emessa di un determinato inquinante e dalla pericolosità di tali emissioni. Alcune fonti, come i materiali da costruzione e gli arredi possono rilasciare sostanze inquinanti in continuo, mentre altre, legate ad attività come il fumo, la pulizia e il bricolage, sono ritenute sorgenti di contaminazione discontinue, strettamente legate al verificarsi e al protrarsi dell'attività stessa. Apparecchi difettosi o usati impropriamente possono rilasciare livelli più elevati, talvolta pericolosi, di sostanze inquinanti all'interno dell'edificio. Gli inquinanti possono permanere nell'aria in concentrazione significativa e per lunghi periodi, anche dopo lo svolgimento delle attività.

Gli inquinanti, per la loro eterogeneità, possono essere articolati per famiglia di appartenenza. Uno stesso inquinante può essere originato da diverse fonti e in molti casi non si tratta di un unico tipo di inquinante ma di intere famiglie di sostanze che possono avere effetti anche molto diversi sull'ambiente e sull'uomo.

Nell'allegato B vengono descritti gli inquinanti più significativi da un punto di vista sanitario:

- composti organici volatili (COV) (es. formaldeide, benzene, IPA);
- monossido di carbonio;
- biossido d'azoto;
- biossido di zolfo;
- particolato indoor

- fumo di tabacco;
- radon;
- amianto;
- fibre artificiali vetrose (FAV);
- agenti biologici.

1.3 Principale normativa di riferimento

In Italia, ad oggi, non esiste una normativa concernente i valori di riferimento e/o guida per gli inquinanti presenti in ambienti indoor, sebbene sia stata rilevata l'evidenza della problematica.

In Europa, la Francia, il Belgio, la Finlandia, la Norvegia e il Portogallo hanno assunto valori di riferimento o guida per gli inquinanti più rilevanti presenti nell'aria indoor e che presentano un maggior impatto sull'ambiente e sull'uomo.

In altri paesi europei come Germania, Austria, Paesi Bassi e Regno Unito sono stati costituiti gruppi di lavoro multidisciplinari con il compito specifico di elaborare apposite norme in materia.

La WHO ha prodotto le Linee guida per la qualità dell'aria negli ambienti indoor relative ad alcuni inquinanti (benzene, biossido di azoto, idrocarburi policiclici aromatici, naftalene, monossido di carbonio, radon, tricloroetilene e tetracloroetilene) e per i quali esistono evidenze scientifiche relative agli effetti sulla salute.

Relativamente al radon, la sua esposizione è regolamentata al livello nazionale dal D.Lgs. 241/00 - che ha modificato ed integrato il D.Lgs. 230/95 - esclusivamente nei luoghi di lavoro[2]; detto Decreto stabilisce che il "livello di azione" per la concentrazione di attività media annua di radon nei luoghi di lavoro deve essere pari a 500 Bq/m^3. Per le abitazioni, allo stato attuale, in Italia non è stata ancora emanata alcuna norma nazionale per la protezione dall'esposizione al radon; questo è previsto nella Direttiva 2013/59/Euratom del Consiglio, del 5.12.2013, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti. La suddetta Direttiva, non ancora recepita dall'Italia, stabilisce che gli Stati membri dell'Unione Europea adottino un livello di riferimento di concentrazione di attività del radon non superiore a 300 Bq/m^3. Tale valore è inferiore rispetto a quello di 400 Bq/m^3 stabilito dalla Raccomandazione europea 90/143/Euratom del 1990 per le abitazioni esistenti.

Per quanto concerne l'amianto, la Legge 257/1992 - relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto e concernente l'estrazione, l'importazione, la lavorazione, l'utilizzazione, la commercializzazione, il trattamento e lo smaltimento, nel territorio nazionale, nonché l'esportazione dell'amianto e dei prodotti che lo contengono - detta le norme per la realizzazione di misure di decontaminazione e di bonifica delle aree interessate dall'inquinamento da amianto, per la ricerca finalizzata alla individuazione di materiali sostitutivi e alla

[2]in particolare alle attività lavorative durante i quali i lavoratori ed, eventualmente, persone del pubblico sono esposti a prodotti di decadimento del radon o del toron o a radiazioni gamma o a ogni altra esposizione in particolari luoghi di lavoro quali tunnel, sottovie, catacombe, grotte o in zone ben individuate o con caratteristiche determinate.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

riconversione produttiva e per il controllo sull'inquinamento da amianto. A seguito dell'entrata in vigore della suddetta Legge sono stati emanati i relativi Decreti Ministeriali attuativi.

Relativamente ai materiali da costruzione, il Regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9/03/2011 fissa le condizioni per l'immissione o la messa a disposizione sul mercato di prodotti da costruzione, stabilendo disposizioni armonizzate per la descrizione della prestazione di tali prodotti, in relazione alle loro caratteristiche essenziali e per l'uso della marcatura CE sui prodotti in questione. Nell'allegato I del suddetto Regolamento sono indicati i requisiti di base che le opere di costruzione (nel complesso e nelle loro singole parti) devono possedere. In Italia, con il D.Lgs. n. 106 del 16/06/2017 è stato disciplinato l'Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del suddetto Regolamento (UE) n. 305/2011.

Il Regolamento CE n. 1272/2008 relativo alla classificazione, etichettatura e imballaggio (CLP), si basa sul sistema mondiale armonizzato di classificazione ed etichettatura delle sostanze chimiche delle Nazioni Unite. Questo ha lo scopo di: a) determinare se una sostanza o miscela presenta proprietà che permettano di classificarla come pericolosa; b) far in modo che i pericoli individuati siano comunicati nella catena d'approvvigionamento (compresi i consumatori, da fabbricanti, importatori, utilizzatori a valle e distributori), c) stabilire norme generali relative all'imballaggio per garantire la sicurezza delle forniture delle sostanze e delle miscele pericolose. Il regolamento CLP stabilisce criteri dettagliati per gli elementi dell'etichetta: pittogrammi, avvertenze e dichiarazioni standard concernenti il pericolo, la prevenzione, la reazione, lo stoccaggio e lo smaltimento, per ciascuna classe e categoria di pericolo. Esso stabilisce anche le norme generali relative all'imballaggio, che garantiscono la sicurezza delle forniture delle sostanze e delle miscele pericolose.

Con il Decreto del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare dell'11.10.2017 sono stati adottati i criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici. Con riferimento alla qualità dell'aria indoor, in tale Decreto sono riportati i criteri ambientali relativi alla qualità ambientale interna (in termini di aerazione naturale e ventilazione meccanica controllata, emissioni dei materiali, radon) e alle specifiche tecniche dei componenti edilizi (in termini di sostanze pericolose).

Diverse sono le norme tecniche relative alle portate di rinnovo dell'aria indoor. In particolare:

- La UNI EN 16798-3:2018 (che sostituiece la UNI EN 13779), si applica alla progettazione, al rendimento energetico degli edifici e all'implementazione di sistemi di ventilazione, condizionamento e condizionamento di locali per edifici non residenziali soggetti ad occupazione umana, escluse applicazioni come i processi industriali. Si concentra sulle definizioni dei vari parametri che sono rilevanti per tali sistemi.La guida per la progettazione fornita in questa norma e il CEN/TR 16798-4 sono applicabili principalmente ai sistemi di ventilazione meccanica di immissione e/o estrazione.
  Per quanto concerne la classificazione della qualità dell'aria indoor, in attesa dell'entrata in vigore della UNI 16798-1 (*Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics -*

Module M1-6), si può fare riferimento alla UNI EN 15251:2008 che, a sua volta, rimanda alla UNI EN 13779:2008.

La UNI EN ISO 13779:2008 fornisce una guida sulla ventilazione, condizionamento dell'aria e sui sistemi di condizionamento dei locali in modo da ottenere un ambiente interno confortevole e sano in tutte le stagioni, con costi di installazione e funzionamento accettabili. La norma si concentra sui parametri attinenti all'ambiente interno, sulle definizioni dei dati di progetto assunti e delle prestazioni e sulla comunicazione tra le varie parti coinvolte nel sistema completo.

- La UNI EN 15251:2008 fornisce i criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica; essa si applica agli edifici non industriali quali abitazioni individuali, condomini, uffici, scuole, ospedali, alberghi e ristoranti, impianti sportivi, edifici ad uso commerciale all'ingrosso ed al dettaglio.
- La UNI 10339:1995, si applica agli impianti aeraulici installati in edifici chiusi e destinati al benessere delle persone. La norma non considera gli impianti per la climatizzazione invernale degli edifici adibiti ad attività industriale ed artigianale, gli impianti destinati a scopi diversi (es. conservazione materiali deteriorabili) e gli impianti di climatizzazione senza immissione meccanica di aria esterna; essa fornisce la classificazione degli impianti, la definizione dei requisiti minimi degli impianti e dei valori delle grandezze di riferimento durante il funzionamento degli stessi, l'individuazione degli elementi che il committente deve indicare nella richiesta di offerta e quelli che il fornitore deve indicare nella presentazione dell'offerta, i documenti per l'ordinazione e l'indicazione delle condizioni da rispettare nel corso della fornitura degli impianti aeraulici ai fini di benessere.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

2 Finalità e campo di applicazione

Con le presenti Linee di indirizzo, si intende promuovere le buone pratiche in materia di sostenibilità ed eco-compatibilità nella costruzione/ristrutturazione di edifici, anche in relazione al rischio radon, per il miglioramento della qualità dell'aria indoor, al fine di orientare i regolamenti edilizi regionali in chiave eco-compatibile.

Dette Linee si applicano agli ambienti indoor (confinati) ed in particolare per le destinazioni d'uso individuate dall'art. 7, c.1, della Legge Regionale 23.04.2015, n.8 recante "*Norme per la semplificazione e il riordino di disposizioni in materia urbanistica ed edilizia e per il miglioramento del patrimonio edilizio."* (di seguito L.R. 8/2015): residenziali (ivi compresi i servizi strettamente connessi alla residenza), turistico-ricettive, artigianali e industriali, commerciali, direzionali, socio-sanitarie di servizio, agricole-zootecniche.

Le Linee di indirizzo sono articolate considerando i seguenti ambiti di applicazione:

- **Nuovo complesso edilizio (contesto urbanistico-territoriale)**, da intendersi come la realizzazione di un nuovo tessuto urbano, avente una definita estensione territoriale (es. nuova lottizzazione), costituito da strutture aventi destinazione d'uso omogenee o eterogenee, compresa la rete di infrastrutture e sottoservizi (viabilità interna, illuminazione pubblica, rete idrico-fognaria, condotte di approvvigionamento di gas cittadino, ecc.) e gli spazi adibiti alla valorizzazione del complesso insediativo stesso ed alla promozione delle interazioni sociali (es. piazze, parchi urbani).
- **Nuova costruzione, demolizione e ricostruzione, ampliamento, ristrutturazioni importanti,** da intendersi come la realizzazione di un edificio e delle relative pertinenze all'interno di un lotto non edificato; la demolizione integrale di una struttura e successiva nuova costruzione all'interno della stessa unità territoriale, con destinazione d'uso anche differente dalla precedente; l'ampliamento della struttura esistente con la costituzione di nuovi volumi; gli interventi sull'involucro edilizio con incidenza superiore al 25 per cento della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio.
- **Riqualificazione di edifici esistenti,** da intendersi come l'insieme di azioni volte ad effettuare la manutenzione delle opere, finalizzate al recupero, restauro e risanamento conservativo, valorizzazione delle strutture esistenti, senza generare l'alterazione sostanziale della destinazione d'uso degli edifici.

Per ogni ambito di applicazione si considerano i seguenti aspetti:

- l'analisi del sito;
- l'Interazione tra il sito ed il contesto;
- la riduzione dell'inquinamento (riportata per ogni singolo inquinante o famiglie di inquinanti in apposite schede).

Per ognuno dei suddetti aspetti si considerano:

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

- le **Azioni necessarie,** intese come la descrizione dettagliata delle azioni prioritarie da adottare, definite dalle normative vigenti e/o dalle buone pratiche operative. Esse costituiscono le misure da identificare e porre in atto in via preliminare, al fine di conseguire uno o più obiettivi per il miglioramento della qualità dell'aria indoor;
- le **Azioni ottimali**, intese come la descrizione dei requisiti che, pur non avendo un carattere di cogenza, danno luogo, se attuate, ad un ulteriore miglioramento della qualità dell'aria indoor e/o sviluppano un ruolo sinergico con le **Azioni necessarie**;
- le **Azioni di verifica e controllo,** da attuarsi quando necessarie**,** intese come l'insieme della documentazione da produrre per dimostrare l'avvenuta applicazione delle **Azioni necessarie** e l'eventuale adozione di **Azioni ottimali**.

Nell'allegato C è riportato l'approfondimento tecnico sulle metodologie e tecnologie per il miglioramento della qualità dell'aria indoor di cui alle presenti Linee di Indirizzo.

3 Definizioni

Nella tabella seguente sono riportate le definizioni relative agli ambiti di intervento. Ai fini dell'applicazione delle presenti linee di indirizzo si faccia riferimento all'art. 2 del D.Lgs. 19 agosto 2005 n. 192, ovvero all'Allegato 1 del Decreto interministeriale 26 giugno 2015 e ss.mm.ii. (c.d. decreto "requisiti minimi").

Ambiti di intervento	Definizioni
Edificio residenziale	Edificio destinato prevalentemente alla funzione abitativa con possibile integrazione di servizi strettamente connessi con la residenza.
Edificio non residenziale	Edificio destinato ad uso diverso da quello residenziale.
Edificio di nuova costruzione	Sono assimilati agli edifici di nuova costruzione: a) gli edifici sottoposti a demolizione e ricostruzione, qualunque sia il titolo abilitativo necessario; b) l'ampliamento di edifici esistenti, ovvero i nuovi volumi edilizi con destinazione d'uso di cui al punto 1.2 del decreto requisiti minimi sempre che la nuova porzione abbia un volume lordo climatizzato superiore al 15% di quello esistente o comunque superiore a 500 m^3. L'ampliamento può essere connesso funzionalmente al volume pre-esistente o costituire, a sua volta, una nuova unità immobiliare (definita come "parte progettata per essere utilizzata separatamente" dall'allegato A del D.Lgs. 192/2005). In questi casi, la verifica del rispetto dei requisiti deve essere condotta solo sulla nuova porzione di edificio. Nel caso in cui l'ampliamento sia servito

	mediante l'estensione di sistemi tecnici pre-esistenti (a titolo di esempio non esaustivo l'estensione della rete di distribuzione e nuova installazione di terminali di erogazione) il calcolo della prestazione energetica è svolto in riferimento ai dati tecnici degli impianti comuni risultanti.
Ristrutturazione importante	Intervento che interessa gli elementi e i componenti integrati costituenti l'involucro edilizio che delimitano un volume a temperatura controllata dall'ambiente esterno e da ambienti non climatizzati, con una incidenza superiore al 25 per cento della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio.
Riqualificazioni energetiche di edifici esistenti	Riqualificazioni energetiche di cui al decreto requisiti minimi ovvero quelli non riconducibili ai casi di cui al paragrafo 1.4.1 del medesimo decreto e che hanno, comunque, un impatto sulla prestazione energetica dell'edificio. Tali interventi coinvolgono quindi una superficie inferiore o uguale al 25 per cento della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio e/o consistono nella nuova installazione, nella ristrutturazione di un impianto termico asservito all'edificio o di altri interventi parziali, ivi compresa la sostituzione del generatore. In tali casi i requisiti di prestazione energetica richiesti si applicano ai soli componenti edilizi e impianti oggetto di intervento, e si riferiscono alle loro relative caratteristiche termo-fisiche o di efficienza.

Per quanto concerne le definizioni degli interventi di ristrutturazione edilizia, nuova costruzione e ristrutturazione urbanistica, la L.R. 23/1985 e ss.mm.ii. recante "*Norme in materia di controllo dell'attività urbanistico-edilizia, di risanamento urbanistico e di sanatoria di insediamenti ed opere abusive, di snellimento ed accelerazione delle procedure espropriative"* all'art. 3 "*Opere soggette a permesso di costruire*", rimanda a quanto indicato all'art. 3 comma 1 del DPR 380/2001 e s.m.i.- "*Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia*".

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

4 Nuovo complesso edilizio (Contesto urbanistico territoriale)

4.1 Analisi del sito

L'analisi dettagliata dei fattori ambientali, climatici e territoriali che caratterizzano il sito in cui si svilupperà il nuovo complesso insediativo, rappresenta la fase preliminare d'indagine volta ad identificare gli elementi prioritari per la tutela della salute ed il raggiungimento di elevati standard qualitativi dell'aria all'interno degli ambienti confinati. Tale analisi è propedeutica alla progettazione, ferma restando l'applicazione delle norme e dei regolamenti di settore cogenti più restrittivi.

4.1.1 Azioni necessarie

Devono essere valutati i parametri ambientali che caratterizzano in maniera più significativa il contesto territoriale dove si svilupperà il nuovo complesso insediativo; in particolare:

- *Analisi climatica*

In primo luogo deve essere attuata l'indagine sulla variabilità locale dei parametri meteo-climatici, valutando anche il peso di variabili clima-forzanti quali la quota, la distanza dal mare e l'esposizione. Se non dovessero emergere, anche da una analisi di massima, differenze sostanziali tra le forzanti, si procede con una analisi climatologica, valida per una area vasta che va prioritariamente definita.

Per effettuare l'analisi climatica si valuta la presenza nell'area in oggetto di stazioni meteorologiche conformi ai dettami World Meteorological Organization (WMO). Disponendo di una sufficiente serie storica di dati (almeno un trentennio) sarà possibile delimitare spazialmente l'area di studio. Ci si riferisce, in particolare, alle seguenti grandezze meteorologiche in grado di incidere sul clima indoor:

- temperatura dell'aria (medie climatiche, massime, minime, medie annue del mese più freddo e del mese più caldo);
- frequenze massime della velocità e direzione del vento, anche per classi di intensità;
- cumulato climatico di precipitazione: cumulato annuale e mensile.

La contestualizzazione climatica deve tener conto delle forzanti climatiche di cui in premessa. E' pertanto opportuna una caratterizzazione dell'area di intervento, considerando la geolocalizzazione dell'area su GIS, con ricostruzione DEM (Digital Elevation Model), e mettendo in evidenza l'esposizione e la pendenza del sito, l'uso del suolo, gli sviluppi urbani, la presenza di corpi idrici e tutte le informazioni geografiche che possono incidere sul clima della specifica realtà in esame.

I dati climatici locali possono essere riferiti ai dati pubblicati dal Dipartimento Meteoclimatico ARPAS e disponibili nel sito internet: **http://www.sar.sardegna.it/.**

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

- *Caratteristiche geologiche e idrogeologiche del sito*

L'analisi geologica e idrogeologica dell'area in esame deve fornire gli elementi di valutazione dei fattori che possono interagire con il nuovo insediamento, dando luogo all'insorgenza di eventuali criticità. In particolare, è possibile valutare le caratteristiche geolitologiche del sito (con particolare attenzione al rischio di emissione di gas ionizzanti in atmosfera), le condizioni di pericolosità legate a fenomeni di dissesto idrogeologico, la presenza e gli aspetti quali-quantitativi di acquiferi sotterranei e la loro eventuale interazione con gli strati più superficiali del suolo e gli involucri edilizi – con particolare riguardo alle opere di fondazione o alla possibile realizzazione di volumi interrati – anche attraverso vie geostrutturali, quali faglie, giunti principali e sistemi di giunti in genere. La presenza di falde superficiali libere, confinate o semiconfinate, unitamente alle caratteristiche geomorfologiche, litologiche e tessiturali del terreno, possono favorire il ristagno d'acqua in prossimità, o a diretto contatto con fondazioni e muri perimetrali degli ambienti interrati, generando problemi strutturali e riducendo il comfort termoigrometrico degli ambienti interni.

- *Analisi dei dati di monitoraggio degli inquinanti*

Deve essere effettuata l'analisi dei dati di monitoraggio (relativi alle ultime cinque annualità complete) dei principali inquinanti dell'aria. In particolare dovranno essere analizzati: il particolato (PM_{10} e $PM_{2,5}$), il biossido di zolfo (SO_2), il monossido di carbonio (CO), gli ossidi di azoto (NO_X), l'ozono (O_3) e il benzene (C_6H_6). Gli strumenti di pianificazione regionale (e laddove disponibili anche quelli provinciali e comunali) riportano le informazioni sulla qualità dell'aria negli elaborati conoscitivi.
La normativa vigente in materia è il D.Lgs. 155/2010 e s.m.i. e nella seguente tabella sono riportati i valori di riferimento (limiti, soglie, livelli e obiettivi).

Inquinante	Parametro	Valore	Riferimento
Benzene	Media annuale	5 $\mu g/m^3$	Valore limite per la protezione della salute umana
CO	Massima media mobile giornaliera di 8 ore	10 mg/m^3	Valore limite per la protezione della salute umana
NO_2	Media oraria	200 $\mu g/m^3$	Valore limite per la protezione della salute umana da non superare più di 18 volte per anno civile
	Media oraria	400 $\mu g/m^3$	Soglia di allarme da non superare per più di due ore consecutive
	Media annua	40 $\mu g/m^3$	Valore limite per la protezione della salute umana
NOx	Media annua	30 $\mu g/m^3$	Livello critico annuale per la protezione della vegetazione
Ozono	Media oraria	180 $\mu g/m^3$	Soglia di informazione
	Media oraria	240 $\mu g/m^3$	Soglia di allarme da non superare per più di due ore consecutive
	Massima media mobile giornaliera di 8 ore	120 $\mu g/m^3$	Valore obiettivo per la protezione della salute umana da non superare più di 25 per anno civile come media sui tre anni
	Massima media mobile giornaliera di 8 ore	120 $\mu g/m^3$	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana
	AOT40	18000 $\mu g \cdot h/m^3$	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione come media sui cinque anni
	AOT40	6000 $\mu g \cdot h/m3$	Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione

PM_{10}	Media giornaliera	50 μg/m^3	Valore limite per la protezione della salute umana da non superare più di 35 volte per anno civile
	Media annua	40 μg/m^3	Valore limite per la protezione della salute umana
$PM_{2,5}$	Media annua	25 μg/m^3	Valore limite per la protezione della salute umana
SO_2	Media oraria	350 μg/m^3	Valore limite per la protezione della salute umana da non superare più di 24 volte per anno civile.
	Media oraria	500 μg/m^3	Soglia di allarme da non superare per più di due ore consecutive
	Media giornaliera	125 μg/m^3	Valore limite per la protezione della salute umana da non superare più di 3 volte per anno civile
	Media annua	20 μg/m^3	Livello critico annuale per la protezione della vegetazione
	Media invernale	20 μg/m^3	Livello critico invernale per la protezione della vegetazione

D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.- Valori di riferimento

In relazione al contenuto di metalli nella frazione PM_{10} del particolato atmosferico, nella seguente tabella si riportano valori di riferimento per ciascun metallo, calcolato come media su anno civile.

Inquinante	Limite	Descrizione
Arsenico (As)	6,0 ng/m^3	Valore obiettivo annuale
Cadmio (Cd)	5,0 ng/m^3	Valore obiettivo annuale
Nichel (Ni)	20,0 ng/m^3	Valore obiettivo annuale
Piombo (Pb)	0,5 μg/m^3	Valore limite annuale per la protezione della salute umana

Valori di riferimento annuali dei metalli nella frazione PM_{10} (D.Lgs. 155/2010 e s.m.i)

Per quanto concerne il mercurio, a livello europeo e italiano, al momento non sono fissati livelli di concentrazione in atmosfera. I principali riferimenti a livello mondiale sono quelli stabiliti negli USA dall'EPA (Environmental Protection Agency), dall'ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) e dal WHO. Secondo l'EPA il limite per l'esposizione cronica al mercurio è di 300 ng/m^3; per l'ATSDR il limite è di 200 ng/m^3; il WHO, nelle "*Linee guida per la qualità dell'aria*" del 2000, fissa a 1000 ng/m^3 il valore medio annuo raccomandabile.

Infine, rispetto al contenuto di idrocarburi policiclici aromatici (IPA) nella frazione PM_{10}, sebbene in natura esistano numerosi composti assimilabili a questa classe di idrocarburi [benzo(a)pirene, benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantrene, benzo(k)fluorantrene, benzo(j)fluorantrene, dibenzo(a,h)antracene, indeno(1,2,3,-cd) pirene], la normativa individua il solo composto benzo(a)pirene come tracciante e caratterizzante l'inquinamento da IPA e ne individua il valore obiettivo annuale in 1,0 ng/m^3.

Nella seguente tabella sono riportati i link degli indirizzi dei siti istituzionali per il reperimento delle informazioni sullo stato qualitativo dell'aria outdoor.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Oggetto	Documenti di riferimento
Analisi della qualità dell'aria	La documentazione generale relativa alla "Valutazione della qualità dell'aria" è disponibile su SardegnaAmbiente al seguente indirizzo: https://portal.sardegnasira.it/valutazione-della-qualita-dell-aria
Zonizzazione sulla qualità dell'aria	La zonizzazione sulla qualità dell'aria, in attuazione al D.Lgs. 155/2010, suddivide i territori di competenza in zone di qualità dell'aria, allo scopo di assicurare omogeneità alle procedure applicate su tutto il territorio nazionale. Il documento specifico relativo alla zonizzazione della qualità dell'aria in Sardegna, Delibera 52/19 del 2013 e relativi allegati recante "Zonizzazione e classificazione del territorio regionale", è all'indirizzo: http://www.sardegnaambiente.it/documenti/18_183_20131219161353.pdf
Monitoraggio della qualità dell'aria	La qualità dell'aria è controllata tramite un sistema di monitoraggio, progettato appositamente per la valutazione della qualità dell'aria, tenendo conto della zonizzazione regionale. I documenti di progettazione della rete sono disponibili all'indirizzo internet della Regione Sardegna che comprende la Delibera del 7 novembre 2017, n. 50/18 che approva e adotta il "Progetto di adeguamento della rete regionale di misura della qualità dell'aria ambiente ai sensi del D.Lgs. 13 agosto 2010, n. 155": http://www.regione.sardegna.it/j/v/66?s=1&v=9&c=27&c1=1260&id=63903 I riferimenti sui dati e relative valutazioni sulla qualità dell'aria, a partire dall'anno 2005, sono disponibili nel sito di SardegnaAmbiente: https://portal.sardegnasira.it/rete-di-misura-in-siti-fissi I documenti ARPAS, sulla qualità dell'aria, sono fruibili al seguente indirizzo internet: http://www.sardegnaambiente.it/index.php?xsl=611&s=21&v=9&c=5012&es=4272&na=1&n=10
Emissioni atmosferiche	I dati delle emissioni in atmosfera, e relative simulazioni, disponibili nel SIRA (Sistema informativo regionale ambientale), gestito dal Servizi SASI della RAS, utilizzati per la pianificazione della qualità dell'aria (zonizzazione) sono attualmente forniti dall'inventario regionale, che comprende, per ciascun'inquinante, l'identificazione di tutte le sorgenti (puntuali, lineari e diffuse), sia antropiche sia naturali. I dati dell'inventario sono disponibili nel sito SardegnaAmbiente: https://portal.sardegnasira.it/inventario-emissioni
Pianificazione della qualità dell'aria	I documenti inerenti i piani di risanamento conseguenti alle valutazioni della qualità dell'aria, in base al monitoraggio, al censimento fonti di emissione e alle simulazioni, sono presentati nelle pagine internet: https://portal.sardegnasira.it/valutazione-della-qualita-dell-aria https://www.regione.sardegna.it/documenti/1_274_20170112144658.pdf

È necessario geolocalizzare le eventuali sorgenti contaminanti, siano esse naturali o meno, presenti nel raggio di 0,5 km dal sito in esame, fornendo la descrizione dettagliata sulla tipologia e sulle modalità di emissione dell'/degli inquinante/i. L'analisi deve essere integrata da tutte le informazioni disponibili sul censimento delle fonti di emissioni in atmosfera e contenute nei documenti di pianificazione della qualità dell'aria presenti nel seguente sito istituzionale

https://portal.sardegnasira.it/web/sardegnaambiente/qualita-aria

- *Ulteriori informazioni preliminari*

Deve essere individuata, in prossimità del nuovo complesso edilizio, la presenza di cave, amianto, radon, discariche, ecocentri, centri di raccolta e stoccaggio temporaneo di rifiuti, poli industriali, aree artigianali, porti, aeroporti, stazioni e centri intermodali, altre possibili fonti di inquinamento/disturbo che potrebbero dare o aver dato luogo in passato a fenomeni di inquinamento. Le informazioni necessarie all'individuazione delle eventuali fonti di inquinamento/disturbo possono essere richieste agli Enti preposti alla tutela del territorio, quali Regione, Provincia/Città Metropolitana, Comuni, Consorzi etc. In caso di potenziale inquinamento deve essere effettuata un'indagine ambientale del sito, condotta secondo le modalità previste nella procedura di cui all'allegato 2 della Parte quarta del D.Lgs.152/2006 e s.m.i. e nell'eventuale normativa regionale di settore.

4.1.2 Azioni ottimali

Al fine di sviluppare un'analisi che illustri in maniera efficace ed esaustiva il contesto in cui si opera, il progettista/pianificatore può avvalersi degli strumenti e delle tecnologie GIS per la rappresentazione dei caratteri ambientali riscontrati, con la possibilità di fornire una valutazione complessiva, o per tematismi, del territorio, modulando il grado di complessità delle chiavi di lettura dell'area in esame (es. ubicazione dei sistemi di monitoraggio ambientale, georeferenziazione di potenziali sorgenti areali e/o puntuali di contaminazione esterna, dei bersagli e della contaminazione, identificazione delle vie prioritarie di migrazione dei contaminanti, ecc.).

4.2 Interazione tra il nuovo complesso insediativo ed il contesto territoriale

Ferma restando l'applicazione degli obblighi previsti della normativa di settore, è fondamentale riconoscere i caratteri identitari, paesaggistici, storici e culturali dell'area in esame, al fine di contestualizzare le nuove opere e perseguire lo sviluppo armonico e sinergico con l'ambiente esistente.

4.2.1 Azioni necessarie

- Pianificare la destinazione d'uso degli ambienti interni dei singoli locali, analizzando la compatibilità tra le attività che si svolgeranno al loro interno; la contestuale presenza di persone in ambienti limitrofi aventi destinazioni d'uso differenti (es. locale adibito a ristorazione confinante con unità abitativa) può infatti generare condizioni di malessere direttamente connessi al deterioramento della qualità dell'aria indoor (es. generazione di odori molesti, variazione delle condizioni termoigrometriche, inquinamento acustico, ecc.).
- Progettare e mettere in atto soluzioni tecniche per il mascheramento degli impianti a servizio delle strutture (cavidotti, gasdotti, impianti di condizionamento, ecc.), curando particolarmente l'ubicazione

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

dei sistemi di emissione degli effluenti gassosi prodotti all'interno dei locali (vapori, fumi di combustione di stufe, caldaie, camini, ecc.).
Inoltre:

- Garantire un rapporto equilibrato tra gli elementi della progettazione e i caratteri naturali e insediativi dell'ambiente circostante, riducendo la frammentazione del tessuto urbano, sia sotto il profilo funzionale che stilistico.
- Ridurre la segmentazione ed il confinamento degli habitat, anche in relazione al bilancio tra ambiente naturale e ambiente costruito.
- Perseguire la valorizzazione del paesaggio attraverso l'adozione di misure volte ad amplificare l'armonia e la compatibilità tra nuovo ed esistente, sia in termini di percezione dei luoghi, sia in relazione agli aspetti strettamente legati alla destinazione d'uso delle strutture.

4.2.2 Azioni ottimali

Possono essere identificate quali azioni ottimali, da attuare per edifici privati, quelle previste dal Decreto 11 ottobre 2017 "*Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici*", ai paragrafi 2.2.1 (*Inserimento naturalistico e paesaggistico*), 2.2.2 (*Sistemazione aree a verde*), 2.2.3 (*Riduzione del consumo di suolo e mantenimento della permeabilità dei suoli*) e 2.2.4 (*Conservazione dei caratteri morfologici*).

In particolare, è auspicabile adibire alcuni spazi del nuovo complesso insediativo ad aree verdi, poiché le piante:

- svolgono un ruolo di termoregolazione microclimatica (attraverso processi naturali di evapotraspirazione);
- riducono l'irradiazione solare sulle superfici degli edifici (in particolare per le facciate aventi esposizione a sud), per effetto dell'azione ombreggiante del fogliame;
- attenuano l'effetto "isola urbana di calore" (Urban Heat Island) attraverso l'assorbimento di CO_2 (e la produzione di O_2 nelle ore diurne), l'assorbimento del pulviscolo aerodisperso e dei contaminati atmosferici, la riduzione delle superfici pavimentate impermeabili.

Per ottimizzare i suddetti effetti sono da preferire le piante a foglia caduca che svolgono l'azione ombreggiante nei periodi estivi e consentono l'apporto della luminosità solare nei periodi invernali. Inoltre, sempre in accordo con quanto previsto dal suddetto Decreto, dovrebbero essere utilizzate specie autoctone con pollini a basso potere allergenico, favorendo quelle ad impollinazione entomofila, ed evitare specie urticanti o spinose e velenose. Infine, le specie arboree possono essere efficacemente adottate per la costituzione di barriere fonoassorbenti.

4.3 Riduzione dell'esposizione all'inquinamento atmosferico outdoor

Come precedentemente evidenziato, il conseguimento di un'elevata qualità dell'aria indoor è subordinato alla conoscenza approfondita dei contaminanti presenti in atmosfera. Tale aspetto richiede l'analisi delle interazioni tra ambienti esterni ed interni di un edificio e la definizione delle metodologie per la rimozione/riduzione delle sorgenti di contaminazione e l'abbattimento delle concentrazioni di inquinanti al di sotto dei valori soglia definiti dalle normative di settore.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

4.3.1 Azioni necessarie – ottimali – di verifica e controllo

Azioni necessarie	Azioni ottimali	Azioni di verifica e controllo
a) Ubicazione dei nuovi complessi edilizi: • localizzare i nuovi complessi edilizi lontano da possibili fonti d'inquinamento atmosferico che possono deteriorare la qualità dell'aria esterna (strade ad elevato traffico veicolare ed attività produttive/artigianali); • orientare le strutture e la posizione reciproca degli edifici in modo da limitare le ostruzioni urbane che riducono la circolazione dell'aria ed il conseguente effetto di diluizione dei contaminanti in essa presenti; • realizzare il nuovo complesso edilizio in aree a basso rischio di emissione di gas ionizzanti, in relazione alle caratteristiche geologiche del sito (litologia, geomorfologia, presenza di discontinuità tettoniche) e dalla mappatura di rischio eventualmente condotta su scala territoriale. b) Sistemi di assorbimento e schermatura: • conferire agli spazi esterni il ruolo di sistema di protezione e assorbimento degli inquinanti presenti in atmosfera, attraverso la modellazione morfologica del suolo, la messa a dimora di specie vegetali per la schermatura di flussi d'aria contaminati e l'assorbimento dei contaminanti stessi. c) Riduzione dell'inquinamento causato dall'insediamento:	Possono essere identificate quali azioni ottimali, da attuare per edifici privati, quelle previste dal Decreto 11 ottobre 2017 "Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici", al paragrafo 2.2.6 (*Riduzione dell'impatto sul microclima e dell'inquinamento atmosferico*); in particolare: • curare l'orientamento e la disposizione reciproca degli edifici, in relazione all'esposizione dei locali alla luce solare ed al controllo delle ombre portate sulle superfici. Tali aspetti, se propriamente identificati, possono contribuire in maniera sinergica al miglioramento della qualità dell'aria indoor e, in linea generale, alla ottimizzazione del comfort abitativo; • integrare aree adibite a parchi urbani nel complesso insediativo, come sistemi di termoregolazione, fonoassorbimento e riduzione degli inquinanti aerodispersi; • prediligere la realizzazione di superfici esterne aventi elevate capacità drenanti: es. parcheggi in prato carrabile, pavimentazioni drenanti, suoli naturali stabilizzati.	Effettuare: • la geolocalizzazione e caratterizzazione delle eventuali sorgenti contaminanti presenti nel raggio di 0,5 km dal sito in esame, fornendo la descrizione sulla tipologia e le modalità di emissione dell'/degli inquinante/i. Ove disponibili, analizzare i dati qualitativi dell'atmosfera registrati tramite le centraline di monitoraggio ambientale; • l'analisi delle caratteristiche geomorfologiche del territorio e della copertura vegetale. Esame dei suddetti elementi in funzione delle interazioni con i flussi d'aria, correlati alla esposizione degli edifici, presenza di venti dominanti e moti convettivi; • la valutazione complessiva delle metodiche adottate in fase progettuale per la riduzione dell'esposizione agli inquinanti atmosferici • l'identificazione delle percentuali delle aree verdi e delle superfici permeabili rispetto a quelle impermeabili.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

• minimizzare il traffico veicolare favorendo l'utilizzo di mezzi pubblici; • favorire la mobilità pedonale e l'uso delle piste ciclabili; • garantire la distanza di sicurezza tra gli spazi adibiti ad uso ricreativo-sportivo e le sedi viarie principali e/o aree di sosta di veicoli; • ubicare le principali strade e/o parcheggi nei settori perimetrali del nuovo complesso insediativo.		

4.4 Riduzione dell'esposizione agli inquinanti indoor

Il miglioramento della qualità dell'aria indoor richiede un approccio analitico globale ed una gestione dell'edificio che metta in atto il controllo delle fonti della contaminazione (riduzione o eliminazione delle sorgenti inquinanti dall'ambiente interno), il controllo della qualità dell'aria (aerazione/ventilazione come strategia di riduzione delle concentrazioni degli inquinanti), la pulizia dell'aria (tramite dispositivi di abbattimento dei contaminanti indoor). Nello specifico si considerano i principali contaminanti indoor chimici, fisici e agenti biologici.

4.4.1 Azioni necessarie – ottimali – di verifica e controllo

Azioni necessarie	Azioni ottimali	Azioni di verifica e controllo
Aerazione, ventilazione naturale e ventilazione meccanica controllata Fermo restando quanto previsto, ove applicabile, dal Decreto 11 ottobre 2017 "Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e	Possono essere identificate quali azioni ottimali, da attuare per edifici privati, quelle previste dal Decreto 11 ottobre 2017 "Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici", ai paragrafi 2.3.5.1 (*Illuminazione*	**Aerazione, ventilazione naturale e ventilazione meccanica controllata** Produrre: • la documentazione progettuale inerente al dimensionamento dei sistemi di ventilazione

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

manutenzione di edifici pubblici" 2.3.5.2 (*Aerazione naturale e ventilazione meccanica controllata*), in particolare per:

- destinazioni d'uso residenziali: dove la qualità dell'aria esterna sia buona, ovvero classificabile in cat. ODA1 rif. UNI EN 16798-3 e ss.mm.ii., attuare l'aerazione naturale diretta in tutti i locali in cui sia prevista una possibile occupazione da parte di persone, anche per intervalli temporali ridotti. Detta aerazione deve essere assicurata tramite superfici apribili misurate in funzione della superficie calpestabile del locale (almeno 1/8 della superficie del pavimento), con strategie allocative e dimensionali finalizzate a garantire una buona qualità dell'aria interna. In affiancamento all'aerazione naturale è possibile, ovvero obbligatorio nel caso di qualità dell'aria esterna con alte concentrazioni di sostanza particolata e/o altri inquinanti gassosi, ovvero classificabile in cat. ODA2 o superiore (rif. UNI EN 16798-3 e ss.mm.ii.), adottare sistemi di ventilazione naturale e/o meccanica, i cui requisiti, ai fini della qualità dell'aria interna devono essere conformi alle norme UNI 10339 e UNI EN 13779 e ss.mm.ii.

- destinazioni d'uso diverse da quelle residenziali: è obbligatoria la realizzazione di sistemi di ventilazione i cui requisiti tecnico progettuali - in particolare i valori dei ricambi d'aria esterna e le caratteristiche di filtrazione - dovranno essere rispondenti alle normative tecniche UNI 10339 e UNI EN 16798-3 e ss.mm.ii. ovvero alle specifiche norme tecniche di settore o regolamenti più restrittivi aventi carattere di cogenza, se disponibili. In caso di impianto di ventilazione naturale e/o meccanica, esplicitando le caratteristiche del sistema e dei componenti impiantistici;
- la scheda di classificazione energetica compilata secondo la norma UNI EN 15232 e s.m.i.

naturale), 2.3.5.2 (*Aerazione naturale e ventilazione meccanica controllata*), 2.3.5.3 (*Dispositivi di protezione solare*), 2.3.5.5 (*Emissioni dei materiali*), 2.3.5.7 (*Comfort termo-igrometrico*), 2.3.5.8 (*Radon*).

Aerazione naturale e ventilazione meccanica controllata

Prevedere per gli impianti di ventilazione meccanica controllata il recupero di calore statico e/o la regolazione del livello di umidità dell'aria e/o un ciclo termodinamico a doppio flusso per il recupero dell'energia contenuta nell'aria estratta, per trasferirla all'aria immessa (pre-trattamento per riscaldamento e raffrescamento dell'aria, già filtrata, da immettere negli ambienti).

Nel caso di interventi residenziali, dove le caratteristiche qualitative dell'aria esterna consentano di attuare la sola aerazione naturale (cat. ODA1 rif. UNI EN 16798-3 e ss.mm.ii.), la superficie finestrata più grande dovrebbe essere almeno 5 volte maggiore della superficie finestrata più piccola posta su pareti contrapposte;

In tutte le altre destinazioni d'uso:

a) Attuare le azioni finalizzate al raggiungimento della qualità dell'aria interna IDA1 (UNI EN 13779 e s.m.i.- Indoor Air Quality – IDA1: Elevata qualità dell'aria interna);

b) Adottare un sistema avanzato di recupero del calore sensibile e/o latente ottenuto tramite sistemi di ventilazione meccanica rispondenti alla Direttiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo e del

Bio-compatibilià ed ecosostenibilità dei materiali da costruzione

Produrre la dichiarazione negli elaborati progettuali, dell'utilizzo di materiali certificati e, ad ultimazione lavori, fornire le certificazioni dei materiali.

Azioni per specifici contaminanti:

a) Radon

- Fornire la documentazione dettagliata sui sistemi adottati tra quelli elencati nelle azioni necessarie ed ottimali.
- Effettuare, dove previsto, la misurazione della concentrazione di attività del radon all'interno degli edifici secondo un adeguato intervallo temporale.

b) Fibre minerali artificiali, formaldeide e COV

- Fornire gli elementi documentali che descrivano le scelte tecniche finalizzate al contenimento dell'emissione di fibre minerali in aria.
- Fornire le certificazioni relative alla composizione dei materiali.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

meccanica (classe II, low polluting building, annex B.1) fare riferimento alla norma UNI 15251 e s.m.i. <u>Per tutte le destinazioni d'uso:</u> I bagni secondari senza aperture all'esterno dovranno essere dotati obbligatoriamente di sistemi di aerazione forzata, conformemente alla UNI 10339 e s.m.i.. Il livello della qualità dell'aria interna dovrà essere pari a IDA2 (UNI EN 13779 e s.m.i. - Indoor Air Quality – IDA2: Media qualità dell'aria interna). Tale livello prestazionale può essere raggiunto tramite un sistema di ventilazione meccanica, eventualmente integrata e coordinata alla ventilazione naturale, completo di sistemi filtranti. Per questi ultimi occorre programmare la manutenzione ordinaria (sostituzione, pulizia), al fine di garantire costantemente l'efficienza di filtrazione. Realizzare gli impianti di ventilazione a funzionamento meccanico controllato (VMC) limitando la dispersione termica, il rumore, il consumo di energia, l'ingresso dall'esterno di agenti inquinanti (ad es. polveri, pollini, insetti etc.) e di aria calda nei mesi estivi conformemente alle disposizioni contenute nelle norme tecniche di settore e nei regolamenti cogenti. Valutare i possibili contrasti tra le misure tecniche da adottare per l'ottenimento di buoni livelli qualitativi dell'aria indoor e quelle orientate al contenimento dei consumi energetici degli edifici. Adottare pertanto sistemi, energeticamente efficienti, che garantiscano il ricambio d'aria all'interno dei locali, al fine di evitare	Consiglio del 21 ottobre 2009 (meglio nota con ErP Ecodesign 2018) con efficienza energetica in classe A o superiore. **Ulteriori azioni sinergiche:** a) Orientamento dell'edificio Curare l'orientamento dell'edificio favorendo l'attivazione di flussi d'aria e moti convettivi che favoriscano l'ingresso di aria esterna salubre ed il naturale ricambio dell'aria indoor. b) Isolamento delle superfici • Isolare le superfici dell'edificio esposte a nord; • Isolare le superfici controterra dell'involucro edilizio (muri perimetrali e platee di locali interrati o semi-interrati) mediante geocompositi drenanti, vetro cellulare, barriere idro e gas impermeabili, al fine di: a) allontanare l'acqua presente nel terreno; b) minimizzare l'incremento dell'umidità degli ambienti interni e la conseguente formazione di muffe; c) proteggere l'involucro edilizio dall'ingresso di gas ionizzanti. c) Ecosostenibilità dei materiali Utilizzare materiali derivanti dai sistemi di riciclaggio, recuperare e valorizzare l'uso di materie prime secondarie. d) Domotica Adottare sistemi domotici per il controllo automatico e la gestione coordinata degli impianti tecnologici integrati nei locali (sistemi di ventilazione e riscaldamento, sistemi di purificazione dell'aria intera,	

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

l'incremento delle concentrazioni degli inquinanti indoor. **Bio-compatibilià ed ecosostenibilità dei materiali da costruzione** • Adottare il criterio del livello di **bio-compatibilità** (assenza di sostanze potenzialmente inquinanti per l'ambiente e/o nocive per l'uomo) e di ecosostenibilità. • Utilizzare materiali/sostanze/prodotti come da Regolamenti CE n. 305/2011 e n. 1272/2008. • Utilizzare materiali a bassa emissività; • Utilizzare materiali a basso indice di Radioattività (I): i materiali che hanno un valore di I ≤ 0.5 sono esenti da qualsiasi restrizione inerente alla quantità da utilizzare e alla destinazione dell'edificio, mentre restrizioni sono applicate ai materiali da costruzione con valore di "I" compreso tra 0.5 e 1. (European Commission - Radiation protection 112). **Azioni per specifici contaminanti** **a) Radon** - Adottare strategie costruttive e/o tecnologie finalizzate all'allontanamento del radon dagli edifici, qualora vi sia un elevato rischio di emissione di tale contaminante imputabile alle caratteristiche geologiche dell'area e utilizzare materiali con basso indice di radioattività I (EC-RP 112). - Progettare gli impianti di ventilazione e/o i sistemi impiegati per la riduzione/rimozione del radon negli ambienti confinati, in modo da garantire	schermature solari) eventualmente connessi ai dispositivi di misura dei parametri ambientali (temperatura, umidità, concentrazione di inquinanti indoor).	

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

concentrazioni conformi a quanto previsto dalla normativa vigente), utilizzando le seguenti tecniche di intervento: • Aerazione e ventilazione naturale; • Ventilazione meccanica controllata; • Depressurizzazione del vespaio o delle fondazioni; • Pressurizzazione dei locali; • Aspirazione del gas in sottosuolo tramite il sistema di drenaggio delle acque presenti nel suolo; • Aspirazione del gas sotto soletta controterra o mediante “pozzo radon”; • Parete ventilata; • Sigillatura delle discontinuità strutturali e degli interstizi attorno alle condotte. **b) Fibre minerali Artificiali** • Evitare l’uso di materiali fibrosi non confinati (materassi di lana di vetro o di roccia installati sul solaio di copertura). • Utilizzare materiali contenenti fibre vetrose (MMVF) e organiche (MMOF) unicamente se accuratamente confinati dentro murature chiuse o se dotati di involucro che ne impedisca la dispersione (film di polietilene, carta alluminata, ecc.). • Attuare quanto previsto dall’Intesa Stato-Regioni Rep. Atti n. 211/CSR del 10.11.16 recante “*Le fibre Artificiali Vetrose (FAV): Linee guida per l’applicazione della normativa inerente ai rischi di*		

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

esposizione e le misure di prevenzione per la tutela della salute – Aggiornamento 2016”. **c) Formaldeide e COV** Garantire che le emissioni di formaldeide e di COV dei materiali da costruzione (schiume isolanti, resine, vernici, lacche), il legno di tipo pressato (contenente urea-formaldeide, fenolo-formaldeide), coloranti, moquette, detersivi, conservanti ecc., siano, per la formaldeide inferiori a 60 µg/m^3 e per i COV inferiori a 1500 µg/m^3 (classe A della normativa francese JORF n°0111 du 13 mai 2011). Prediligere l’uso di: - arredi in legno massiccio; - materiali legnosi di classe E1 (EN 120 e s.m.i.) - tessuti in fibre naturali; - cere ed olii naturali per la manutenzione degli arredi in legno; - detersivi a base vegetale; **d) Fibre libere di amianto** Presentare all’organo di vigilanza competente il Piano di lavoro/notifica in conformità a quanto previsto dagli artt. 250 e 256 del D.Lgs. 81/08 e ss.mm.ii., a cura della ditta autorizzata e individuata per la bonifica. Attuare la bonifica del sito mediante affidamento dei lavori a ditta autorizzata in conformità alle normative vigenti.		

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

5 Nuove costruzioni, demolizioni e ricostruzioni, ampliamenti, ristrutturazioni importanti

5.1 Analisi del sito

L'analisi dettagliata dei fattori ambientali, climatici e territoriali che caratterizzano il sito in cui si opera, rappresenta la fase preliminare d'indagine volta ad identificare gli elementi prioritari per la tutela della salute ed il raggiungimento di elevati standard qualitativi dell'aria all'interno degli ambienti confinati. Tale azione è propedeutica alla progettazione, ferma restando l'applicazione delle norme e dei regolamenti di settore cogenti più restrittivi.

5.1.1 Azioni necessarie

Adottare la caratterizzazione ambientale, come da paragrafo 4.1.1, qualora sia stata condotta per l'analisi del contesto urbanistico territoriale. In caso contrario, fare riferimento ai dati disponibili per il sito specifico.

5.1.2 Azioni ottimali

Possono essere identificate quali azioni ottimali da attuare per edifici privati, quelle previste al paragrafo 2.2.10 (*Rapporto sullo stato dell'ambiente*) del Decreto 11 ottobre 2017 "Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici; in particolare può essere prodotto un rapporto sullo stato dell'ambiente e valutato il programma degli interventi di miglioramento ambientale per il sito di intervento.
È inoltre auspicabile:

- prevedere l'ubicazione del fabbricato e delle aree più frequentate (per es. piazze) a distanze adeguate dalle linee e dagli impianti di trasformazione (possibili effetti dannosi per esposizioni prolungate a radiazioni elettromagnetiche a bassa frequenza – ELF);
- prendere in considerazione soluzioni progettuali per limitare le possibili vie di accesso alle abitazioni del gas Radon, classificato dalla IARC come cancerogeno certo per l'uomo (Gruppo 1), con interventi finalizzati a ridurre i livelli di esposizione degli abitanti.

5.2 Interazione tra il nuovo edificio ed il contesto territoriale

Analizzare i caratteri identificativi del sito in cui sarà realizzato il nuovo edificio (aspetti morfologici, tipologici, funzionali), nell'ottica della corretta integrazione con il contesto esistente.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

5.2.1 Azioni necessarie

- Pianificare e progettare la destinazione d'uso e la disposizione spaziale degli ambienti interni in base alle attività svolte nelle aree limitrofe, al fine di ricercare la migliore compatibilità tra di esse e ottimizzare la fruibilità ed il comfort dei luoghi;
- Articolare il nuovo edificio in relazione agli spazi di servizio (aree verdi, parcheggi, piazze e pertinenze esterne condominiali);
- Adottare configurazioni degli impianti di ventilazione, condizionamento ed emissione di effluenti gassosi che minimizzino l'impatto sul benessere psico-fisico degli occupanti. Nello specifico occorre convogliare fumi, vapori ed aria derivante da sistemi ventilazione, nelle parti sommitali dell'edificio, fatte salve le deroghe previste dalla normativa vigente;

5.2.2 Azioni ottimali

Prediligere configurazioni impiantistiche che siano integrate con l'edificio, adottando strategie di mascheramento all'interno della struttura e/o tramite installazioni di verde verticale e verde pensile.

Prevedere idonee soluzioni, costruttive ed impiantistiche, tali da garantire la massima fruibilità degli spazi per favorire il confort ambientale degli abitanti. Rendere le destinazioni d'uso degli ambienti interni flessibili e adattabili, in modo da permettere eventuali variazioni della distribuzione degli ambienti che potrebbero essere necessarie per le mutate condizioni di autonomia degli occupanti.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

5.3 Riduzione dell'esposizione all'inquinamento atmosferico outdoor

Applicare gli interventi di riduzione dei rischi sanitari connessi alla contaminazione atmosferica, legata a sorgenti areali o puntuali presenti nel sito in cui si opera, valutando le metodiche più idonee in relazione alla destinazione d'uso degli edifici in progetto.

5.3.1 Azioni necessarie – ottimali – di verifica e controllo

Azioni necessarie	Azioni ottimali	Azioni di verifica e controllo
• Pianificare la destinazione d'uso del nuovo edificio in relazione alla possibilità di interazione con gli inquinanti atmosferici esterni: strutture adibite ad ospedali, cliniche, attività scolastiche, ricreative ecc., non devono risultare in prossimità di strade ad elevato traffico veicolare e/o ad attività produttive/artigianali che possono deteriorare la qualità dell'aria esterna; • Pianificare la destinazione d'uso dell'edificio in relazione al rischio di emissione di gas ionizzanti imputabile alle caratteristiche geologiche del sito (litologia, geomorfologia, presenza di discontinuità tettoniche) ed alla mappa del rischio eventualmente condotta su scala territoriale. • Orientare le strutture in funzione della posizione reciproca degli edifici in modo da ridurre le ostruzioni urbane che riducono la circolazione dell'aria ed il conseguente effetto di diluizione dei contaminanti in essa presenti; • Utilizzare sistemi barriera vegetali per la schermatura di flussi d'aria contaminati e l'assorbimento dei contaminanti stessi;	Possono essere identificate quali azioni ottimali da attuare per edifici privati, quelle previste dal Decreto 11 ottobre 2017 "Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici", al paragrafo 2.2.6 (*Riduzione dell'impatto sul microclima e dell'inquinamento atmosferico*); in particolare: • Orientare il nuovo edificio in relazione alla posizione reciproca con l'edificato esistente, identificando la disponibilità di luce solare e la configurazione delle ombre portate sulle superfici da parte di strutture e vegetazione limitrofa. • Prediligere il raffrescamento passivo degli edifici integrando elementi di verde negli spazi esterni del nuovo edificio. • Realizzare le aree di sosta esterne mediante prati carrabili, terreni naturali stabilizzati, pavimentazioni drenanti, al fine di evitare il ristagno delle acque meteoriche. • Realizzare coperture in verde pensile, in conformità con la norma UNI 11235/2007 e s.m.i.	Effettuare: • la geolocalizzazione e caratterizzazione delle eventuali sorgenti contaminanti presenti nel raggio di 0,5 km dal sito in esame, fornendo la descrizione sulla tipologia e le modalità di emissione dell'/degli.inquinante/i. Ove disponibili, analizzare i dati qualitativi dell'atmosfera registrati tramite le centraline di monitoraggio ambientale; • l'analisi delle caratteristiche geomorfologiche del territorio e della copertura vegetale. Esame dei suddetti elementi in funzione delle interazioni con i flussi d'aria, correlati alla esposizione degli edifici, presenza di venti dominanti e moti convettivi; • la valutazione complessiva delle metodiche adottate in fase progettuale per la riduzione dell'esposizione agli inquinanti atmosferici; • l'identificazione delle percentuali delle aree verdi e delle superfici permeabili rispetto a quelle impermeabili.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

	• Prevedere idonei interventi di fonoisolamento e di fonoassorbimento	

5.4 Riduzione dell'esposizione agli inquinanti indoor

Si rimanda a quanto riportato nei paragrafi 4.4 e 4.4.1 del capitolo 4.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

6 Riqualificazione di edifici esistenti

6.1 Analisi del sito

L'analisi dettagliata dei fattori ambientali, climatici e territoriali che caratterizzano il sito in cui si opera, rappresenta la fase preliminare d'indagine volta ad identificare gli elementi prioritari per la tutela della salute ed il raggiungimento di elevati standard qualitativi dell'aria all'interno degli ambienti confinati. Tale azione è propedeutica alla progettazione, ferma restando l'applicazione delle norme e dei regolamenti di settore cogenti più restrittivi.

6.1.1 Azioni necessarie

Adottare la caratterizzazione ambientale, come da paragrafo 4.1.1, qualora sia stata condotta per l'analisi del contesto urbanistico territoriale. In caso contrario, fare riferimento ai dati disponibili per il sito specifico.

6.1.2 Azioni ottimali

Possono essere identificate quali azioni ottimali da attuare per edifici privati, quelle previste dal Decreto 11 ottobre 2017 "*Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici*", al paragrafo 2.2.10 (*Rapporto sullo stato dell'ambiente*); in particolare può essere prodotto un rapporto sullo stato dell'ambiente e valutato il programma degli interventi di miglioramento ambientale per il sito di intervento.

6.2 Interazione tra l'edificio ed il contesto territoriale

Analizzare i caratteri identificativi del sito in cui è ubicato l'edificio da sottoporre a riqualificazione (aspetti morfologici, tipologici e funzionali), nell'ottica della corretta integrazione con il contesto ambientale esistente (aspetti geologici, atmosferici, climatici, ecc.).

6.2.1 Azione necessaria

- Pianificare e progettare la disposizione spaziale degli ambienti interni in base alle attività svolte nelle aree limitrofe, al fine di ricercare la migliore compatibilità tra di esse e ottimizzare la fruibilità ed il comfort dei luoghi.
- Adottare configurazioni degli impianti di ventilazione, condizionamento ed emissione di effluenti gassosi che minimizzino gli impatti sul benessere psico-fisico degli occupanti.

6.2.2 Azioni ottimali

- Adottare configurazioni degli impianti tecnologici che garantiscano il benessere psico-fisico degli occupanti. In generale occorre convogliare fumi, vapori ed aria derivante da sistemi di ventilazione, nelle parti sommitali dell'edificio.
- Prediligere configurazioni impiantistiche che siano integrate con l'edificio, adottando strategie di mascheramento all'interno della struttura e/o tramite installazioni di verde verticale e verde pensile.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

6.3 Riduzione dell'esposizione all'inquinamento atmosferico outdoor

Applicare gli interventi di riduzione dei rischi sanitari connessi alla contaminazione atmosferica, legata a sorgenti areali o puntuali presenti nel sito in cui si opera, valutando le metodiche più idonee in relazione alla destinazione d'uso degli edifici in progetto.

6.3.1 Azioni necessarie – ottimali – di verifica e controllo

Azioni necessarie	Azioni ottimali	Azioni di verifica e controllo
Nessuna	Incrementare le schermature o i sistemi di assorbimento presenti nelle aree limitrofe all'edificio compatibilmente alla tipologia di opera di riqualificazione e alla localizzazione dell'edificio. Realizzare coperture in verde pensile, in conformità con la norma UNI 11235/2007 e s.m.i.	Effettuare la valutazione complessiva delle metodiche adottate per la riduzione dell'esposizione agli inquinanti atmosferici.

6.4 Riduzione dell'esposizione agli inquinanti indoor

Il miglioramento della qualità dell'aria indoor richiede un approccio analitico globale ed una gestione dell'edificio che metta in atto il controllo delle fonti della contaminazione (riduzione o eliminazione delle sorgenti inquinanti dall'ambiente interno), il controllo della qualità dell'aria (aerazione/ventilazione come strategia di riduzione delle concentrazioni degli inquinanti), la pulizia dell'aria (tramite dispositivi di abbattimento dei contaminanti indoor). Nello specifico si considerano i principali contaminanti indoor chimici, fisici e biologici.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

6.4.1 Azioni necessarie – ottimali – di verifica e controllo

Azioni necessarie	Azioni ottimali	Azioni di verifica e controllo
Aerazione, ventilazione naturale e ventilazione meccanica controllata Fermo restando quanto previsto, ove applicabile, dal Decreto 11 ottobre 2017 "Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici" 2.3.5.2 (*Aerazione naturale e ventilazione meccanica controllata*), in particolare per: • destinazioni d'uso residenziali - dove la qualità dell'aria esterna sia buona, ovvero classificabile in cat. ODA1 rif. UNI EN 16798-3 e ss.mm.ii.,- attuare l'aerazione naturale diretta in tutti i locali in cui sia prevista una possibile occupazione da parte di persone, anche per intervalli temporali ridotti. Detta aerazione deve essere assicurata tramite superfici apribili misurate in funzione della superficie calpestabile del locale (almeno 1/8 della superficie del pavimento), con strategie allocative e dimensionali finalizzate a garantire una buona qualità dell'aria interna. Qualora la superficie apribile non sia sufficiente e non possa essere incrementata, integrare l'aerazione naturale con sistemi di ventilazione meccanica. • destinazioni d'uso diverse da quelle residenziali	Possono essere identificate quali azioni ottimali, da attuare per edifici privati, quelle previste dal Decreto 11 ottobre 2017 "Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici", ai paragrafi 2.3.5.1 (*Illuminazione naturale*), 2.3.5.2 (*Aerazione naturale e ventilazione meccanica controllata*), 2.3.5.3 (*Dispositivi di protezione solare*), 2.3.5.5 (*Emissioni dei materiali*), 2.3.5.7 (*Comfort termo-igrometrico*), 2.3.5.8 (*Radon*). **Aerazione naturale e ventilazione meccanica controllata** Prevedere per gli impianti di ventilazione meccanica controllata il recupero di calore statico e/o la regolazione del livello di umidità dell'aria e/o un ciclo termodinamico a doppio flusso per il recupero dell'energia contenuta nell'aria estratta, per trasferirla all'aria immessa (pre-trattamento per riscaldamento e raffrescamento dell'aria, già filtrata, da immettere negli ambienti). Nel caso di interventi residenziali, dove le caratteristiche qualitative dell'aria esterna consentano di attuare la sola aerazione naturale (cat. ODA1 rif. UNI EN 16798-3 e ss.mm.ii.), la superficie finestrata più grande dovrebbe essere	**Aerazione, ventilazione naturale e ventilazione meccanica controllata** • Fornire la documentazione progettuale inerente al dimensionamento dei sistemi di ventilazione naturale e meccanica, esplicitando le caratteristiche del sistema e dei componenti impiantistici. • Fornire la scheda di classificazione energetica compilata secondo la norma UNI EN 15232 e s.m.i. **Bio-compatibilià ed ecosostenibilità dei materiali da costruzione** Produrre la dichiarazione negli elaborati progettuali, dell'utilizzo di materiali certificati e, ad ultimazione lavori, fornire le certificazioni dei materiali. **Azioni per specifici contaminanti** a) Radon • Fornire la documentazione dettagliata sui sistemi adottati tra quelli elencati nelle azioni necessarie ed ottimali. • Effettuare, dove previsto, la misurazione della concentrazione dell'attività del radon all'interno degli edifici secondo un adeguato intervallo temporale. b) Fibre minerali artificiali, formaldeide e COV

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

è obbligatoria la realizzazione di sistemi di ventilazione i cui requisiti tecnico progettuali - in particolare i valori dei ricambi d'aria esterna e le caratteristiche di filtrazione - dovranno essere rispondenti alle normative tecniche UNI 10339 e UNI EN ISO 13779 e ss.mm.ii., ovvero alle specifiche norme tecniche di settore o regolamenti più restrittivi aventi carattere di cogenza, se disponibili. In caso di impianto di ventilazione meccanica (classe II, low polluting building, annex B.1) fare riferimento alla norma UNI 15251 e s.m.i. <u>Per tutte le destinazioni d'uso:</u> I bagni secondari senza aperture all'esterno dovranno essere dotati obbligatoriamente di sistemi di aerazione forzata, conformemente alla UNI 10339 e s.m.i.. Qualora sia necessario ricorrere alla ventilazione meccanica controllata, il livello della qualità dell'aria dovrà essere pari a IDA2 (UNI EN 13779 e s.m.i. - Indoor Air Quality – IDA2: Media qualità dell'aria interna). Realizzare gli impianti di ventilazione a funzionamento meccanico controllato (VMC) limitando la dispersione termica, il rumore, il consumo di energia, l'ingresso dall'esterno di agenti inquinanti (ad es. polveri, pollini, insetti etc.) e di aria calda nei mesi estivi conformemente alle disposizioni contenute nelle norme tecniche di settore e nei regolamenti cogenti. Valutare i possibili contrasti tra le misure tecniche da adottare per l'ottenimento di buoni livelli	almeno 5 volte maggiore della superficie finestrata più piccola posta su pareti contrapposte; Nel caso di qualità dell'aria esterna con alte concentrazioni di sostanza particolata e/o altri inquinanti gassosi, ovvero classificabile in cat. ODA2 o superiore rif. UNI EN 16798-3 e ss,mm,ii,, adottare sistemi di ventilazione naturale e/o meccanica-i cui requisiti, ai fini della qualità dell'aria interna devono essere conformi alle norme UNI 10339 e UNI EN 13779 e ss.mm.ii. In tutte le altre destinazioni d'uso: a) Attuare le azioni finalizzate al raggiungimento della qualità dell'aria interna IDA1 (UNI 13779 e s.m.i.- Indoor Air Quality – IDA1: Elevata qualità dell'aria interna); b) Adottare un sistema avanzato di recupero del calore sensibile e/o latente ottenuto tramite sistemi di ventilazione meccanica rispondenti alla Direttiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 ottobre 2009 (meglio nota con ErP Ecodesign 2018) con efficienza energetica in classe A o superiore. **Ulteriori azioni sinergiche:** a) Isolamento delle superfici • Isolare le superfici dell'edificio esposte a nord;	• Fornire gli elementi documentali che descrivano le scelte tecniche finalizzate al contenimento dell'emissione di fibre minerali in aria. • Fornire le certificazioni relative alla composizione dei materiali.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

qualitativi dell'aria indoor e gli interventi di efficientamento energetico degli edifici, se previsti, qualora questi ultimi comprendano opere orientate alla riduzione delle dispersioni termiche (es. sostituzione di serramenti esterni, isolamento termico dell'involucro) che possono limitare i ricambi d'aria dei locali. Adottare pertanto sistemi, energeticamente efficienti, che garantiscano il ricambio d'aria all'interno dei locali, al fine di evitare l'incremento delle concentrazioni degli inquinanti indoor. **Bio-compatibilià ed ecosostenibilità dei materiali da costruzione** Adottare il criterio del livello di **bio-compatibilità** (assenza di sostanze potenzialmente inquinanti per l'ambiente e/o nocive per l'uomo) e di ecosostenibilità. • Utilizzare materiali/sostanze/prodotti come da Regolamenti CE n. 305/2011 e n. 1272/2008. • Utilizzare materiali a bassa emissività; • Utilizzare materiali a basso indice di Radioattività (I): i materiali che hanno un valore di I ≤ 0.5 sono esenti da qualsiasi restrizione inerente alla quantità da utilizzare e alla destinazione dell'edificio, mentre restrizioni sono applicate ai materiali da costruzione con valore di "I" compreso tra 0.5 e 1. (European Commission - Radiation protection 112).	• Isolare le superfici controterra dell'involucro edilizio (muri perimetrali e platee di locali interrati o semi-interrati); b) Ecosostenibilità dei materiali Utilizzare materiali derivanti dai sistemi di riciclaggio, recuperare e valorizzare l'uso di materie prime secondarie. c) Domotica Adottare sistemi domotici per il controllo automatico e la gestione coordinata degli impianti tecnologici integrati nei locali (sistemi di ventilazione e riscaldamento, sistemi di purificazione dell'aria intera, schermature solari) eventualmente connessi ai dispositivi di misura dei parametri ambientali (temperatura, umidità, concentrazione di inquinanti indoor).	

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Azioni per specifici contaminanti: **a) Radon** Adottare strategie costruttive e/o tecnologie finalizzate all'allontanamento del radon dagli edifici, qualora vi sia un elevato rischio di emissione di tale contaminante imputabile alle caratteristiche geologiche dell'area e, per quanto possibile, prevedere la sostituzione dei materiali da costruzione con materiali con basso indice di radioattività I (EC-RP 112). Progettare gli impianti di ventilazione e/o i sistemi impiegati per la riduzione/rimozione del radon negli ambienti confinati, in modo da garantire concentrazioni conformi a quanto previsto dalla normativa vigente). Compatibilmente con quanto previsto dall'opera di riqualificazione dell'edificio e delle sue caratteristiche costruttive, identificare ed applicare una tecnica di intervento per la riduzione delle concentrazioni di radon, tra cui, ad esempio: • Aerazione e ventilazione naturale; • Ventilazione meccanica controllata; • Depressurizzazione del vespaio o delle fondazioni; • Pressurizzazione dei locali; • Aspirazione del gas in sottosuolo tramite il sistema di drenaggio delle acque presenti nel suolo; • Aspirazione del gas sotto soletta controterra o mediante "pozzo radon"; • Parete ventilata;		

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

• Sigillatura delle discontinuità strutturali e degli interstizi attorno alle condotte. • **b) Fibre minerali Artificiali** • Evitare l'uso di materiali fibrosi non confinati (materassi di lana di vetro o di roccia installati sul solaio di copertura). • Utilizzare materiali contenenti fibre vetrose (MMVF) e organiche (MMOF) unicamente se accuratamente confinati dentro murature chiuse o se dotati di involucro che ne impedisca la dispersione (film di polietilene, carta alluminata, ecc.). • Attuare quanto previsto dall'Intesa Stato-Regioni Rep. Atti n. 211/CSR del 10.11.16 recante "*Le fibre Artificiali Vetrose (FAV): Linee guida per l'applicazione della normativa inerente ai rischi di esposizione e le misure di prevenzione per la tutela della salute – Aggiornamento 2016*" **c) Formaldeide e COV** Garantire che le emissioni di formaldeide e di COV dei materiali da costruzione (schiume isolanti, resine, vernici, lacche), il legno di tipo pressato (contenente urea-formaldeide, fenolo-formaldeide), coloranti, moquette, detersivi, conservanti ecc., siano, per la formaldeide, inferiori a 60 µg/m^3 e per i COV inferiori a 1500 µg/m^3 (classe A della normativa francese JORF n°0111 du 13 mai 2011). Prediligere l'uso di:		

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

- arredi in legno massiccio; - materiali legnosi di classe E1 (EN 120 e s.m.i.) - tessuti in fibre naturali; - cere ed olii naturali per la manutenzione degli arredi in legno; - detersivi a base vegetale. **c) Fibre libere di amianto** Presentare all'organo di vigilanza compente il Piano di lavoro/notifica in conformità a quanto previsto dagli artt.250 e 256 del D.Lgs. 81/08 e ss.mm.ii., a cura della ditta autorizzata e individuata per la bonifica. Attuare la bonifica del sito mediante affidamento dei lavori a ditta autorizzata in conformità alle normative vigenti.		

7 Bibliografia

- Accordo di C.U. del 18.11.2010 - Accordo, 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 comunita' montane concernente «Linee di indirizzo per la prevenzione nelle scuole dei fattori di rischio indoor per allergie ed asma». (Repertorio atti n. 124/CU).
- Annali Istituto Superiore di Sanità n. 38 Sergio Fuselli, Sandra Paduano e Anna Soriero – 2002.
- ARPA Friuli Venezia Giulia "Indicazioni e proposte per la protezione degli edifici dal Radon" – 2009.
- ARPA Toscana – "Tecniche di mitigazione per ridurre la concentrazione di radon" – 2014.
- ARPA Veneto – "Rapporto sul problema dell'inquinamento da gas radon nelle abitazioni" – 2002.
- ASHRAE 62-1:2010. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.
- Borsboom, W., 2015. Quality and compliance on building ventilation and airtightness in the Dutch context.
- British Standard BS 5925 (Code of practice for ventilation principles and design for natural ventilation
- Building Research Establishment (BRE) - 1998 – IHS BRE Press "A BRE guide to radon remedial measures in existing dwellings – Dwelling with cellars and basement" C.R. Scivyer and M.P.R. Jaggs
- Conferenza Stato-Regioni del 10.11.2016: Intesa tra il Governo, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano sul documento recante "Le Fibre Artificiali Vetrose (FAV): Linee guida per l'applicazione della normativa inerente ai rischi di esposizioni e le misure di prevenzione per la tutela della salute – Aggiornamento 2016". Intesa, ai sensi dell'articolo 8, comma 6, della legge 5 giugno 2003, n. 131. Repertorio Atti n.: 211/CSR del 10/11/2016.
- Darby et al., 2005, 2006 2005. Radon in homes and lung cancer risk: collaborative analysis of, individual data from 13 European case-control studies. Br. Med. J. 330, 223 e 226
- D.Lgs. 17 marzo 1995 n. 230 Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 92/3/Euratom e 96/29/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti. Modificato dal D.Lgs. 26 maggio 2000 n. 187, dal D.Lgs. 26 maggio 2000 n. 241 dal D.Lgs. 9 maggio 2001 n. 257.
- D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81 - Testo coordinato con il D.Lgs. 3 agosto 2009, n. 106 Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro. Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
- D.Lgs. 9 maggio 2001, n. 257 Disposizioni integrative e correttive del D.Lgs. 26 maggio 2000, n.241, recante attuazione della direttiva 96/29/Euratom in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti.
- D.Lgs. n. 152 del 3 aprile 2006 - Norme in materia ambientale.
- D.Lgs. n. 155/2010 Attuazione della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.
- D.Lgs. n. 241 del 26/05/2000 Attuazione della direttiva 96/29/EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti.
- D.Lgs.16 giugno 2017, n. 106 recante "Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) n. 305/2011, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE. (GU n.159 del 10-7-2017).
- D.Lgs.19 agosto 2005, n. 192 - Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.
- D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246 Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione. (Testo coordinato con il D.P.R. 10 dicembre 1997, n. 499).
- D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

- Decalogo SItI per una casa sana e sicura e linee d'indirizzo per la programmazione - S. Capolongo, et al. http://www.igienistionline.it/docs/2015/54lineeguidacasasana.pdf
- Decreto del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, 11 ottobre 2017 Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici.
- Decreto interministeriale 26 giugno 2015 - Adeguamento linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici.
- Direttiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 ottobre 2009 relativa all'istituzione di un quadro per l'elaborazione di specifiche per la progettazione ecocompatibile dei prodotti connessi all'energia.
- Direttiva 2013/59/EURATOM del 5 dicembre 2013 Stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom.
- EnVIE - Co-ordination Action on Indoor Air Quality and Health Effects Instrument – 2008.
- EUR 207 41 EN. European Collaborative Action. Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure. Report n. 23 – Ventilazione, good Indoor Air Quality and Rational Use of Energy).
- Evolution of WHO air quality guidelines: past, present, and future – European environment and healt process – 2017
- Gaëlle Guyot , Max H. Sherman , Iain S. Walker , Smart ventilation energy and indoor air quality performance in residential buildings: a review, Energy & Buildings (2017), doi: 10.1016/j.enbuild.2017.12.051.
- https://paginas.fe.up.pt/~envie/documents.html.
- Ispra - Stato dell'ambiente Cap 08 Ambiente e Salute – 2011.
- ISTISAN - Inquinamento Indoor Residenziale-Abitazione E Qualità Dell'aria - Istituto superiore di Sanità 2009.
- ISTISAN Rapporto 13/37 - Strategie di monitoraggio dell'inquinamento di origine biologica dell'aria in ambiente indoor. 2013.
- ISTISAN Rapporto 13/39 - Problematiche relative all'inquinamento indoor: attuale situazione in Italia 2012.
- ISTISAN Rapporto 15/25 – "Parametri microclimatici e inquinamento indoor" 2015.
- JORF n°0111 du 13 mai 2011 - Arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils (https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2011/4/19/DEVL1104875A/jo).
- L.Z. Zhang, J.L. Niu, Energy requirements for conditioning fresh air and thelongterm savings with a membrane-based energy recovery ventilator in HongKong, Energy 26 (2001) 119–13.
- Legge 257/1992 Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto.
- Legge Regionale 11 ottobre 1985, n. 23 - Norme in materia di controllo dell'attività urbanistico-edilizia, di risanamento urbanistico e di sanatoria di insediamenti ed opere abusive, di snellimento ed accelerazione delle procedure espropriative.
- Legge Regionale 23.04.2015, n.8 - Norme per la semplificazione e il riordino di disposizioni in materia urbanistica ed edilizia e per il miglioramento del patrimonio edilizio.
- Ministero della Salute- http://www.salute.gov.it/portale/temi/p2_4.jsp?lingua=italiano&area=indor
- Ministero della Sanità – La tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati dipartimento della Prevenzione – 1998.
- Orientamenti normativi comunitari sulla qualità dell'aria Indoor: Quali proposte per l'Italia (Epidemiol Prev 2014; 38(6) Suppl 2: 36-41) G. Settimo e D. d'Alessandro.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

- Regione Lombardia - Direzione Generale Welfare - Decreto n. 11665 del 15/11/2016 - Linea guida regionale sulla stima e gestione del rischio da esposizione a formaldeide: razionalizzazione del problema e proposta operativa.
- Regione Lombardia Direzione Generale Sanità –- Linee Guida per la prevenzione delle esposizioni al gas radon in ambienti indoor - Decreto n. 12678 del 21/12/2011.
- Regione Toscana – Delibera n. 1330 del 19-12-2016. Attuazione obiettivo 8.10 progetto 46 Piano Regionale per la Prevenzione. Linee di indirizzo per la salute e la sostenibilità dell'ambiente costruito.
- Regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento e del Consiglio che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio.
- Regolamento CE n. 1272/2008 - relativo alla classificazione, etichettatura e imballaggio (CLP).
- Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK), 2012. Safety Authority Assessment of current techniques used for reduction of indoor radon concentration in existing and new houses in European countries" O. Holmgren and H. Arvela.
- T.R. Nielsen, C. Drivsholm, Energy efficient demand controlled ventilation insingle family houses, Energy Build. 42 (11) (2010) 1995–1998.
- The INDEX project Final Report January, Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU – European Commission – Directorate-General Joint Research Center 2005.
- Theories and Knowledge About Sick Building Syndrome - Janis Jansz – 2011.
- UNI 10339:1995 – "Impianti aeraulici ai fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura".
- UNI 11235:2015 – "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde";
- UNI EN 15251: 2008 – "Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica".
- UNI EN 15665:2009 – "Ventilazione degli edifici - Determinazione dei criteri di prestazione per i sistemi di ventilazione residenziali".
- UNI EN 13779:2008 - "Ventilazione per ambienti non residenziali. Prestazioni richieste per i sistemi di ventilazione e condizionamento dei locali".
- UNI EN 16798-3:2018 – "Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 3: Per gli edifici non residenziali - Requisiti prestazionali per i sistemi di ventilazione e di condizionamento degli ambienti (Moduli M5-1, M5-4)".
- USEPA (U.S. Environmental Protection Agency Office of Radiation and Indoor Air) - Climate Change, Indoor Air Quality And Health – 2010.
- Wanghee Cho, Doosam Song, Seokho Hwang, Sungmin Yun. Energy-efficient ventilation with air-cleaning mode and demandcontrol in a multi-residential building. Energy and Buildings 90 (2015) 6–14.
- WHO Handbook On Indoor Radon A Public Health Perspective – 2009.
- WHO Guidelines For Indoor Air Quality: Selected Pollutants - World Health Organization 2010.
- WHO: *"State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals"* World Health Organization 2012

Ulteriore bibliografia è riportata nei Report di cui all'Attività P-8.2.4.2 e all'Attività P-8.2.4.3

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

ALLEGATO A

Principali patologie connesse all'inquinamento dell'aria Indoor

Indice

Le principali patologie 46
Malattie cardiovascolari 47
Patologie dell'apparato respiratorio 48
Malattie da ipersensibilità 49
Patologie neoplastiche da inquinanti indoor 51
Intossicazione da monossido di carbonio (CO) 53
Patologie da interferenti endocrini (I.E.) 53
Patologie da rumore 56

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Le principali patologie

Quando si parla di inquinamento indoor in genere si fa riferimento alla qualità dell'aria e quindi si prende in considerazione come principale via di trasmissione la via inalatoria e pertanto gli organi bersaglio sono essenzialmente le vie respiratorie; tuttavia l'ingestione ed il contatto dermico non possono essere trascurati, la prima come via preferenziale, anche se non esclusiva, per le patologie infettive, mentre il secondo è più coinvolto nei processi infiammatori ed irritativi e nel complesso processo di sensibilizzazione connesso alle malattie allergiche.

Occorre ricordare inoltre che gli effetti sanitari non sono legati all'effetto del singolo agente, ma quasi sempre più fattori concorrono sinergicamente al potenziamento degli effetti patogeni. Uno stesso agente può essere assunto per vie diverse ed esplicare effetti diversi in funzione dell'organo bersaglio.

Gli eventi acuti non sempre sono legati ad esposizioni ad alte dosi, come ad esempio intossicazioni da monossido di carbonio o reazioni a sostanze caustiche o irritanti; in altri casi, come nelle reazioni allergiche, gli effetti sono scatenati anche per esposizioni a dosi basse.

Però, sempre più spesso, sono le patologie croniche ad essere correlate con la qualità dell'ambiente indoor e non solo per i classici organi bersaglio (apparato respiratorio, cute, mucose) ma anche per apparati ed organi non direttamente esposti (sistema nervoso, endocrino, immunologico).

Accanto a patologie ben conosciute sono state descritte delle sindromi caratterizzate da manifestazioni sintomatologiche riconducibili a effetti neurosensoriali responsabili di condizioni di malessere e disconfort (Sindrome dell'edificio malato, Sindrome da sensibilità chimica multipla, danni extra-uditivi da rumore).

La tabella seguente riporta le principali patologie non infettive che possono avere una eziopatogenesi associabile all'inquinamento indoor:

Patologie	**Inquinanti Indoor**
MALATTIE CARDIOVASCOLARI	
Infarto del miocardio	Fumo passivo/prodotti di combustione (CO), COV, IPA, Particolato ($PM_{2,5}$), NO_X
Angina pectoris	
Morte improvvisa	
PATOLOGIE DELL'APPARATO RESPIRATORIO	
Asma bronchiale	COV – IPA; Allergeni: acari della polvere, muffe, scarafaggi, forfora di animali domestici, fumo passivo/prodotti di combustione
Broncopneumopatia Cronica Ostruttiva	
Broncopneumopatia acute	
MALATTIE DA IPERSENSIBILITA'	

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Dermatite atopica	COV – IPA; Allergeni: acari della polvere, muffe, scarafaggi, forfora di animali domestici, fumo passivo/prodotti di combustione, particolato ($PM_{2,5}$)
Rino-congiuntiviti allergiche	
Asma bronchiale	
Sindrome dell'edificio malato (B.R.I.)	
Sindrome da sensibilità chimica multipla o Multiple (M.C.S.)	
PATOLOGIE NEOPLASTICHE	
Tumore del polmone	COV – IPA – Radon – FUMO – PRODOTTI DI COMBUSTIONE
Mesotelioma	AMIANTO
Leucemia	BENZENE
INTOSSICAZIONE DA MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)	
PATOLOGIE DA INTERFERENTI ENDOCRINI	
Infertilità maschile e femminile	Vedi tabella a pag. 51
Alterazione nello sviluppo sessuale nei bambini	
PATOLOGIE DA RUMORE	
Effetti uditivi	Livelli superiori a 55 dB L_{den}
Effetti extra-uditivi	

Malattie cardiovascolari

Le malattie cardiovascolari, ed in particolare le cardiopatie ischemiche (CHD), sono patologie multifattoriali per eccellenza, la predisposizione individuale (fattori genetici) e gli stili di vita (alimentazione, fumo, sedentarietà) giocano un ruolo centrale nella loro genesi, ma nel corso degli ultimi anni hanno preso sempre più consistenza le evidenze degli effetti indotti dai fattori ambientali sia outdoor che indoor.

Inquinanti indoor, quali il monossido di carbonio (CO) ed il fumo attivo e passivo (ETS:Environmental Tobacco Smoke) sono stati associati ad effetti cardiovascolari nell'uomo ed in particolare alla malattia ischemica del cuore. Quest'ultima comprende un ampio spettro di manifestazioni cliniche, delle quali le più rilevanti sono l'infarto del miocardio, l'angina pectoris e la morte improvvisa che interviene in soggetti senza precedenti anamnestici di CHD. Il particolato PM_{10} e NO_2 sono stati messi in relazione con le malattie cardiache e nello specifico con le sindromi coronariche acute e lo scompenso cardiaco.

Il monossido di carbonio esercita la sua influenza principalmente attraverso il legame con l'emoglobina circolante verso la quale ha un'affinità molto maggiore di quella dell'O_2. Organi con una elevata domanda di

ossigeno, quali il cervello, il cuore ed i muscoli in lavoro, sono particolarmente sensibili alla esposizione al CO. A livelli elevati il CO può determinare effetti cardiaci come aritmie ed infarto del miocardio. Il fumo attivo favorisce le malattie ischemiche del cuore attraverso vari meccanismi: la promozione dell'aterosclerosi, l'aumento della tendenza alla trombosi, lo spasmo delle arterie coronarie, l'aumento di probabilità di aritmie cardiache e la diminuzione della capacità di trasporto periferico dell'ossigeno.

Patologie dell'apparato respiratorio

L'asma bronchiale

Le malattie allergiche rappresentano, nell'ambito delle patologie influenzate dagli ambienti indoor, un settore che pone problematiche del tutto particolari. In questo caso, infatti, l'effetto potenzialmente nocivo delle sostanze presenti nell'ambiente non è riferibile alle loro proprietà intrinseche, ma alla risposta anomala dell'organismo (di una quota di popolazione) che si sensibilizza nei confronti di sostanze allergizzanti. Gli allergeni non sono inquinanti ma componenti "normali" dell'ambiente privi di tossicità intrinseca.

Negli ambienti indoor, gli agenti responsabili dell'insorgenza e dell'aggravamento dell'asma includono agenti biologi e chimici. Tra gli agenti biologici si annoverano gli allergeni prodotti dagli acari della polvere o provenienti da animali domestici, le endotossine prodotte da batteri gram-negativi, le spore e i frammenti fungini, le cellule batteriche e metaboliti microbici. Tra le sostanze chimiche in grado di scatenare un attacco di asma vi sono la formaldeide e i composti aromatici e alifatici. Inoltre, è noto che l'esposizione al fumo è in grado di determinare la comparsa di sintomatologia asmatica. Anche il particolato ultrafine ($<PM_{2,5}$), così come il fumo prodotto dalla combustione di legname e di carburante rappresenta un fattore di rischio. Vi sono segnalazioni di un'associazione tra la patologia asmatica e l'esposizione indoor a ftalati, a materie plastiche in generale ed a prodotti chimici risultanti dalla ozonolisi dei terpeni.

Alveolite allergica estrinseca

Tale patologia consegue ad un'abnorme risposta immunitaria ad esposizioni ripetute a polveri organiche. Nei bambini viene osservata specialmente intorno ai 10 anni di età in forma prevalentemente subacuta. La cessazione dell'esposizione fa regredire il quadro clinico. Anche se l'impatto epidemiologico sulla popolazione italiana non è rilevante rispetto alle altre allergie respiratorie, tuttavia, essa riveste un notevole interesse in medicina del lavoro.

Febbre da umidificatore

Indica alcuni episodi a carattere micro-epidemico, in cui è emerso il chiaro coinvolgimento dell'impianto di condizionamento, tuttavia l'agente eziologico coinvolto può rimanere sconosciuto, pur nell'ambito di allergeni, tossine batteriche, endotossine.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Malattie da ipersensibilità

Predisposizione atopica e soggetti a rischio

L'evoluzione nel tempo delle malattie allergiche in tutti i Paesi Europei lascia prevedere che la tendenza futura sia di un continuo aumento sia tra le nuove generazioni che tra gli adulti, tanto da configurare quella che nel Libro Bianco sull'Asma presentato al Parlamento Europeo si definisce come *"epidemia della rivoluzione post-industriale"* o *"epidemia del Terzo Millennio".* Nel mondo industriale e occidentale è generalmente condivisa l'ipotesi che *l' epidemia di allergie* sia correlata all'effetto favorente del mutato stile di vita proprio del mondo occidentale. La tendenza a sviluppare una risposta IgE nei confronti di sostanze allergeniche (atopia) è imputabile ad un complesso meccanismo in cui concorrono molteplici fattori genetici e ambientali. L'esposizione protratta a concentrazioni elevate di taluni allergeni, specialmente nei primi anni di vita, corrisponde a maggiore rischio di sensibilizzazione e, successivamente di patologia allergica. In particolare, un accurato controllo dell'esposizione dovrebbe essere riservato proprio agli allergeni presenti negli ambienti chiusi, sia per la loro elevata concentrazione sia soprattutto per la costanza dell'esposizione nell'arco della giornata e dell'anno (in contrapposizione alla maggiore oscillazione circadiana e annuale dell'esposizione agli allergeni cosiddetti "outdoor" come i pollini). Va ricordato che gli allergeni cosiddetti "outdoor" - quali pollini, spore fungine, ecc. - possono essere comunemente presenti anche nell'ambiente indoor, in concentrazioni dipendenti dalle condizioni di collocazione e ventilazione degli ambienti chiusi. I principali allergeni indoor, tuttavia, sono rappresentati dagli acari della polvere, dalle muffe, dagli scarafaggi e dalle forfore di animali domestici. Questi ultimi possono essere trasportati negli ambienti chiusi anche attraverso gli indumenti e persistono nell'ambiente per lungo tempo.

Fattori indoor favorenti o scatenanti gli attacchi di allergia

E' generalmente accettato che tra gli inquinanti indoor, quelli chimici possano avere un *effetto aggravante ma non inducente l'atopia e le allergie,* solo pochi studi hanno suggerito un possibile effetto favorente il processo di sensibilizzazione allergica da parte degli inquinanti indoor più comuni, mentre al contrario, diversi studi sperimentali ed alcuni studi epidemiologici suggeriscono che alcuni inquinanti indoor (CO, NO_2) possono aggravare il quadro clinico di soggetti già affetti da diatesi allergica, aumentando la frequenza e l'intensità degli attacchi dei sintomi. Numerosissime, infine, sono le evidenze di come il fumo passivo possa favorire l'accentuazione della flogosi e dei sintomi indotti dalla sensibilizzazione allergica. In Italia, lo studio epidemiologico più esteso e standardizzato svolto in materia è quello realizzato nell'ambito del protocollo internazionale ISAAC (International Study of Allergy and Asthma in Children). Tra il 1994 ed il 1995, 13 centri Italiani hanno valutato la prevalenza attuale di asma bronchiale, rino-congiuntivite allergica e dermatite atopica tra gli studenti delle scuole medie inferiori. I valori osservati collocano il nostro Paese in una fascia di prevalenza intermedia nel panorama globale, (asma=8.9%, rino-congiuntivite allergica =13.6%, dermatite atopica=5.5%).

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

La Sindrome da edificio malato (SICK BUILDING SYNDROME) - S.B.S.

Nella accezione corrente per "Sick Bulding Syndrome" si intende un insieme di sintomi, in genere di modesta entità, riferiti da un numero molto elevato di persone (fino al 50-60%) che occupano un determinato edificio. Gli edifici in cui è stata descritta erano in genere nuovi o recentemente rinnovati, dotati di aria condizionata e ventilazione meccanica, adibiti ad uffici, scuole, ospedali, case per anziani, abitazioni civili.

I sintomi più frequentemente riportati dalla letteratura come tipici della SBS sono:

- oculari (senso di secchezza o di corpo estraneo, bruciore, prurito, iperemia congiuntivale);
- nasali e faringei (rinorrea, occlusione nasale, prurito nasale, senso di irritazione e di "gola secca");
- respiratori (costrizione toracica, dispnea);
- cutanei (eritema, secchezza, prurito).
- generali (cefalea, difficoltà di concentrazione, sonnolenza, vertigini, nausea).

Queste manifestazioni cliniche sono aspecifiche e si presentano variamente associate tra loro; insorgono dopo alcune ore di permanenza in un determinato edificio e si risolvono in genere rapidamente dopo l'uscita dall'edificio. Sebbene i sintomi siano di modesta entità, i casi di S.B.S. che si verificano in ambienti lavorativi possono avere un costo molto più elevato di alcune malattie gravi ed a prognosi peggiore, a causa della riduzione diffusa della produttività. L'eziologia della S.B.S. è tuttora discussa poiché non sono stati ancora identificati uno o più fattori causali che ricorrano costantemente nei vari episodi descritti o nel corso degli studi epidemiologici eseguiti. Molti fattori legati all'ambiente di lavoro (uffici open space, affollamento, presenza di tappeti, moquettes, tessuti alle pareti, polvere depositata, rumore) e alle caratteristiche degli edifici (tipo di ventilazione, presenza di umidificatori dell'aria, quantità di aria esterna immessa, etc.) sono stati associati positivamente ai sintomi in alcuni studi, ma non in altri. Una associazione è stata stabilita anche con fattori legati al contesto lavorativo, fattori legati alle caratteristiche individuali quali il sesso, l'età, atopia in genere, fumo di sigaretta; fattori psicosociali quali condizioni di stress lavorativo, fattori ambientali. Oltre alle osservazioni epidemiologiche ed alla valutazione di parametri ambientali, alcuni studi sperimentali suggeriscono che sia una ventilazione inadeguata che i composti organici volatili (es. benzene, stirene, tetracloroetilene, diclorobenzene, cloruro di metilene, cloroformio, ecc.) possono svolgere un ruolo notevole nella sindrome dell'edificio malato. Sterling e Sterling hanno ipotizzato che la complessa sintomatologia non specifica, caratteristica della sick building syndrome, sia causata dallo *"smog fotochimico*", generato dall'azione dei raggi U.V. delle luci fluorescenti sui composti organici volatili presenti nell'ambiente. Infatti, nella popolazione affetta, sorvegliata dagli Autori per 10 settimane mediante controlli bisettimanali, i sintomi irritativi a carico degli occhi si sono ridotti del 6.8% quando la percentuale di aria fresca è stata aumentata, dell'8% quando sono state installate luci fluorescenti bianche standard, e del 31.2% quando i due cambiamenti sono stati fatti simultaneamente.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

La sindrome da sensibilità chimica multipla

Con il termine di sindrome da sensibilità chimica multipla (o Multiple Chemical Sensititvity syndrome -M.C.S.) si definisce una sindrome caratterizzata da reazioni di intolleranza dell'organismo ad agenti chimici ed ambientali presenti, singolarmente o in combinazione, a concentrazioni generalmente tollerate dalla maggioranza dei soggetti. La reale esistenza e definizione di questa sindrome è oggetto di un ampio dibattito a livello scientifico ed 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. La M.C.S. colpisce soggetti che sono frequentemente intolleranti anche a cibi. Il quadro sintomatologico comprende sintomi e disturbi numerosi ed aspecifici, a carico di più organi; generalmente sono interessati il sistema nervoso e almeno un altro organo o apparato. Tra i vari sintomi spiccano 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. Il quadro può presentare vari gradi di severità, dal solo malessere e discomfort fino ad una grave compromissione della qualità di vita. L'esame del paziente non evidenzia generalmente dati obiettivi anormali, né sono presenti alterazioni cliniche ai test di laboratorio e strumentali. In particolare deve essere esclusa una patologia allergica e di tipo psicologico. Il miglioramento della sintomatologia si realizza con l'allontanamento dagli agenti causali sospettati. In casi estremi i disturbi scompaiono solo isolando il paziente in ambienti a bassissima contaminazione (es. alta montagna). Allo stato attuale è stato ipotizzato che trattarsi di una intolleranza a livelli molto bassi di inquinanti chimici e che si sviluppa attraverso due fasi: una fase di induzione determinata da un'esposizione acuta o cronica ad un agente chimico e, quindi, una seconda fase caratterizzata dalla insorgenza dei sintomi dovuta ad esposizioni a livelli molto bassi della stessa sostanza o di altre sostanze prima tollerate (es. profumi, farmaci, alcool, caffeina, cibi).

Patologie neoplastiche da inquinanti indoor

Il tumore del polmone

I principali cancerogeni che possono essere presenti negli ambienti indoor sono il fumo di sigaretta, il radon e l’amianto. Inoltre, si è ipotizzato che l'inquinamento dell’aria da composti organici volatili, in particolare formaldeide e benzene, costituisca un significativo rischio cancerogeno per i soggetti che trascorrono molto tempo in ambienti confinati e contribuisca al rischio cancerogeno complessivo della popolazione in generale. In Europa il tumore del polmone rappresenta la principale causa di morte per cancro. La maggior parte dei casi di tumore del polmone insorge in soggetti fumatori, tuttavia una quota non trascurabile insorge anche in soggetti che non hanno mai fumato. Il fumo passivo è classificato come cancerogeno del gruppo 1 dall'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro IARC. Uno studio recente ha indicato come lo 0.5% dei casi di tumore del polmone nell’uomo ed il 4,6% dei casi di tumore nelle donne può essere ricondotto a esposizione a fumo passivo. Tra le sostanze cancerogene indoor, il radon è considerato la seconda causa del tumore del polmone

(dopo il fumo attivo); circa il 9% delle morti per tumore del polmone può essere attribuito ad esposizione domestica a radon. Tra le cause di tumore del polmone devono essere anche annoverate le esposizioni croniche a polveri sottili, lo studio europeo ESCAPE non lascia dubbi in proposito: per ogni incremento di 5 $\mu g/m^3$ di $PM_{2,5}$, il rischio relativo di ammalarsi di tumore al polmone aumenta del 18%, mentre cresce del 22% a ogni aumento di 10 $\mu g/m^3$ di PM_{10}.

Il particolato è presente in maniera significativa negli ambienti indoor sia da provenienza esterna che prodotto negli stessi ambienti chiusi.

Anche l'esposizione a prodotti di combustione può aumentare il rischio di tumore del polmone, così come l'esposizione a vapori di oli di cottura e a prodotti di combustione del carbone utilizzato in apparecchiature domestiche.

E' ormai noto alla comunità scientifica internazionale che l'esposizione a fibre di amianto produce un aumentato rischio di patologie polmonari come pneumoconiosi, mesotelioma e cancro del polmone. In particolare la IARC classifica l'amianto nel gruppo 1, cioè nel gruppo di sostanze per le quali vi è evidenza sufficiente di cancerogenicità nell'uomo. Per quanto riguarda il tumore polmonare vi è un effetto sinergico con l'esposizione a fumo di sigaretta e vi è evidenza di un aumentato rischio correlato alle dosi di asbesto inalate; per quanto riguarda il mesotelioma vi è evidenza di casi di tumore anche per dosi molto basse di asbesto.

Patologie neoplastiche e formaldeide

Gli effetti irritanti acuti e cronici della Formaldeide (FA) sono ben noti e l'attività geno-tossica è stata dimostrata in diversi sistemi biologici. La FA è stata classificata dallo IARC come un probabile cancerogeno per l'uomo (gruppo 2A). Dagli esiti della valutazione del rischio occupazionale (1970-84) in 265 fabbriche danesi in cui era stata documentata l'esposizione alla FA, risulta che essa può incrementare il rischio di tumore del naso, ma probabilmente non influenza l'insorgenza di altri tipi di tumore. L'azione cancerogena della formaldeide sarebbe legata in particolare ad alterazioni flogistiche dell'epitelio nasale. Il rischio potenziale sarebbe quindi trascurabile per concentrazioni pari a 2 ppm di esposizione ambientale e sarebbe correlato ad una concentrazione di 6 ppm che si è rivelata sufficiente ad indurre alterazioni flogistiche, rigenerative e degenerative nell'epitelio nasale.

Il Benzene e le leucemie

Il benzene è un riconosciuto agente cancerogeno per l'uomo, potendo causare, in particolare, leucemie. E' stato ipotizzato che l'inquinamento indoor da benzene possa costituire un significativo rischio cancerogeno per i soggetti che trascorrono molto tempo in ambienti confinati, anche se l'insufficiente caratterizzazione di tale inquinamento rende questa valutazione non ancora conclusiva.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Intossicazione da monossido di carbonio (CO)

Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore, inodore e non irritante; si produce 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.

In Italia le statistiche ufficiali più recenti riportano 500-600 morti l'anno, di cui circa i 2/3 per intossicazione volontaria. Tali cifre sicuramente sottostimano l'entità del problema poiché molti casi di intossicazione, soprattutto quelli accidentali o i casi non mortali, non vengono correttamente diagnosticati e registrati. Le manifestazioni cliniche dell'intossicazione da CO sono eterogenee e la severità della forma dipende dalla concentrazione del CO nell'aria inspirata, dalla durata dell'esposizione e dalle condizioni di salute delle persone coinvolte. Particolarmente sensibili all'azione dell'ossido di carbonio sono gli anziani, le persone con affezioni dell'apparato cardiovascolare e respiratorio, la donna in gravidanza, il feto, il neonato e i bambini in genere. La sequenza degli eventi clinici è ben correlata con le concentrazioni di carbossiemoglobina nel sangue. Per concentrazioni di COHb inferiori al 10% non si hanno effetti apprezzabili in individui sani, mentre nei broncopneumopatici si riduce la tolleranza all'esercizio fisico e nei coronaropatici si abbassa la soglia per la comparsa di angina pectoris. Per concentrazioni di COHb tra il 10% e il 20% compaiono cefalea, difficoltà di concentrazione e diminuita capacità di calcolo, senso di instabilità, nausea e vasodilatazione cutanea. Tra 20 e 30% di COHb la cefalea è costante, si manifestano confusione mentale, dispnea e cardiopalmo, vomito e, specialmente nei bambini, dolori addominali e diarrea. Al di sopra del 30% di COHb insorgono astenia profonda, tachicardia, aritmie, crisi anginose, vertigini, acufeni, turbe del visus, agitazione psicomotoria, convulsioni e lipotimia. Quando la concentrazione di COHb supera il 50-60% subentrano stato di coma, gravi aritmie cardiache, respiro di Cheyne-Stokes, edema polmonare, ipotensione e stato di shock. Per concentrazioni superiori all'80% si ha l'exitus per arresto cardiorespiratorio. Superata la fase acuta è possibile l'instaurarsi di sequele soprattutto di tipo neuropsichiatrico consistenti in deterioramento intellettivo, perdita di memoria, modificazione di personalità, danni cerebrali, cerebellari e a tipo parkinsoniano. Molto si è discusso sull'esistenza di un quadro di intossicazione cronica da CO. In alcuni soggetti esposti per lungo tempo all'assorbimento di piccole quantità del tossico, è stata descritta una sintomatologia caratterizzata da astenia, cefalea, vertigini, nevriti, sindromi parkinsoniane ed epilettiche, aritmie, crisi anginose.

Patologie da interferenti endocrini (I.E.)

Nel 2002 il WHO ha pubblicato un documento dal titolo "*Global Assessment of the State-of-the-Science of Endocrine Disruptors"* (IPCS, 2002). Nel documento si poneva l'accento sulla necessità di approfondire le possibili interferenze di alcune sostanze chimiche sull'attività ormonale dell'organismo umano, partendo dall'osservazione che molte malattie correlabili a disturbi endocrini erano in aumento e in particolare le patologie o i disturbi a carico dell'apparato riproduttivo sia maschile che femminile, le patologie della tiroide e le malattie dismetaboliche quali obesità e diabete. La prevalenza dell'obesità e del diabete di tipo 2 era aumentata drammaticamente in tutto il mondo negli ultimi 40 anni, si stimava che 1,5 miliardi di adulti in tutto

il mondo fossero in sovrappeso o obesi e che i soggetti con diabete di tipo 2 erano passati da 153 milioni a 347 milioni tra il 1980 e il 2008.

A distanza di 10 anni dalla prima pubblicazione l'OMS, con la monografia *"State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals" del* 2012, aggiorna ed approfondisce l'argomento definendo meglio la portata degli impatti su scala mondiale, ampliando le conoscenze sugli agenti causali e sui meccanismi eziopatogenetici. Nuovi quadri patologici e malformativi sono stati correlati agli I.E. ed interessano non solo la sfera sessuale, ma anche lo sviluppo neurologico, l'apparato scheletrico, il sistema immunologico e non ultimo la possibile/probabile interferenza sulla carcinogenesi di tumori quali: mammella, utero, ovaio, testicoli, prostata e tiroide.

Indagare sugli aspetti più strettamente clinici non rientra tra gli intenti di questo documento, mentre è più rilevante conoscere quali e quanti composti chimici possono avere un ruolo in questi processi. Numerose sostanze chimiche appartenenti a diverse classi sono ora identificate come I.E. e comprendono additivi nei materiali e nei beni di consumo (prodotti farmaceutici, prodotti per la cura personale, elettronica, imballaggi alimentari, abbigliamento, ecc.), metalli e pesticidi.

Nella tabella seguente gli I.E. noti o potenziali sono raggruppati in 11 categorie, alcune sostanze sono evidenziate in neretto in quanto di interesse specifico. Queste sostanze chimiche provengono da una varietà di fonti, entrano nell'ambiente durante la produzione, l'uso o lo smaltimento ed hanno un'ampia gamma di comportamenti nell'ambiente, ed inoltre esistono ulteriori fonti di esposizione, tra cui la polvere dagli ambienti indoor e il contatto diretto con i prodotti di consumo.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Endocrine disrupting chemicals (EDCs) can be grouped in multiple ways. In this table known or potential EDCs are grouped into 11 categories with examples of individual EDCs. Bolded chemicals were selected since they are regarded to be of specific interest as EDCs, and are described in more detail in the text.

Classification	Specific Examples of EDCs[1]
Persistent Organic Pollutants (POPs) (Stockholm Convention) (section 3.1.1.1)	PCDDs/PCDFs, **PCBs**, HCB, **PFOS**, **PBDEs**, PBBs, Chlordane, Mirex, Toxaphene, **DDT**/DDE, Lindane, Endosulfan
Other Persistent and Bioaccumulative Chemicals (section 3.1.1.2)	**HBCDD,** SCCP, PFCAs (e.g. **PFOA**), Octachlorostyrene, PCB methyl sulfones
Plasticizers and Other Additives in Materials and Goods (section 3.1.1.3)	Phthalate esters (**DEHP**, BBP, DBP, DiNP), Triphenyl phosphate, Bis(2-eth- ylhexyl)adipate, n-Butylbenzene, Triclocarban, Butylated hydroxyanisole
Polycyclic Aromatic Chemicals (PACs) including PAHs (section 3.1.1.4)	**Benzo(a)pyrene**, Benzo(a)anthracene, Pyrene, Anthracene
Halogenated Phenolic Chemicals (HPCs) (section 3.1.1.5)	2,4-Dichlorophenol , Pentachlorophenol, Hydroxy-PCBs, Hydroxy-PBDEs, Tetrabromobisphenol A, 2,4,6-Tribromophenol, **Triclosan**
Non-halogenated Phenolic Chemicals (Non-HPCs) (section 3.1.1.5)	**Bisphenol A**, Bisphenol F, Bisphenol S, Nonylphenol, Octylphenol, Resorcinol
Pesticides, pharmaceuticals and personal care product ingredients	
Current-use Pesticides (section 3.1.1.6)	2,4-D, **Atrazine**, Carbaryl, Malathion, Mancozeb, **Vinclozolin**, Procloraz, Procymidone, Chlorpyrifos, Fenitrothion, Linuron
Pharmaceuticals, Growth Promoters, and Personal Care Product Ingredients (section 3.1.1.7)	Endocrine active (e.g. Diethylstilbestrol, Ethinylestradiol, Tamoxi- fen, **Levonorgestrel),** Selective serotonin reuptake inhibitors (SSRIs; e.g. **Fluoxetine**), Flutamide, 4-Methylbenzylidene camphor, Octyl-methoxycinnamate, Parabens, **Cyclic methyl siloxanes** (D4, **D5,** D6), Galaxolide, 3-Benzylidene camphor
Other chemicals	
Metals and Organometallic Chemicals (section 3.1.1.8)	Arsenic, Cadmium, Lead, Mercury, Methylmercury Tributyltin, Triphenyltin
Natural Hormones (section 3.1.1.9)	17β-Estradiol, Estrone, Testosterone
Phytoestrogen (section 1.1.9)	Isoflavones (e.g. Genistein, Daidzein), Coumestans (e.g. Coumestrol), Mycotoxins (e.g. Zearalenone), Prenylflavonoids (e.g. 8-prenylnaringenin)

WHO: *State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals - 2012*

Gli I.E. sono prodotti chimici esogeni o miscele chimiche che possono interferire con qualsiasi aspetto della funzione ormonale, possono agire direttamente sui recettori ormonali o indirettamente sulle di proteine che ne regolano il trasporto. Molte di queste sostanze possono esercitare un'attività di I.E. multipla interagendo con più recettori ormonali contemporaneamente: estrogeni, androgeni e ormoni tiroidei. Gli I.E. possono produrre effetti anche a basse dosi, sommandosi e potenziandosi se combinati tra loro, la portata degli effetti combinati è governata dal numero totale di I.E. presenti e dalla loro potenza individuale.

Nella tabella sopra riportata le classi di sostanze chimiche rappresentate sono le stesse che sono state riportate per altri tipi di patologie, a testimonianza della loro molteplicità di effetti; è pur vero che non tutti gli appartenenti ad una classe di composti possono avere ricadute sulla salute delle persone, ma per molte di esse gli effetti sono sconosciuti e quindi un approccio cautelativo è d'obbligo.

Sostanze come i ritardanti di fiamma sono comunemente presenti in ambienti indoor nei suppellettili, negli arredi, negli elettrodomestici, ecc.; spesso assolvono a funzioni importanti per la sicurezza delle persone e quindi non vanno demonizzati, ma una attenta valutazione ed una scelta oculata anche in fase di edificazione o di ristrutturazione di un immobile sono fattori importanti ai fini preventivi. L'interferenza endocrina rappresenta una forma speciale di tossicità e questo dovrebbe essere sempre preso in considerazione nella progettazione di studi per chiarire gli effetti sulla salute umana o nell'interpretazione dei risultati di studi su sostanze chimiche.

Patologie da rumore

L'inquinamento acustico presente nelle aree urbane costituisce un grave problema ambientale che sta alla base di effetti dannosi per la salute dei residenti che si trovano esposti soprattutto al rumore proveniente dal traffico veicolare, ferroviario, aereo e a quello derivante dagli impianti industriali, tecnologici e ricreativi.

Prove scientifiche hanno dimostrato che una prolungata esposizione a livelli elevati di inquinamento acustico può determinare gravi ripercussioni non solo sull'apparato uditivo ma anche in altri apparati e sistemi come le aree regolate dal sistema endocrino e dal cervello. Infatti benché tali effetti siano di difficile quantificazione numerosi studi su animali hanno dimostrato che il rumore è in grado di attivare alcune aree encefaliche extrauditive come l'Ipotalamo che regola i circuiti relativi alle emozioni, alle funzioni del Sistema Nervoso Autonomo e a quelle endocrine, causando patologie cardiovascolari, disturbi del sonno e annoyance (sensazione di disagio con effetti negativi sul benessere generale), l'interferenza con la comunicazione verbale e l'apprendimento, effetti psicofisiologici e sulla salute mentale.

Secondo il WHO, in Europa l'inquinamento acustico è la seconda causa di patologie dovute a fattori ambientali, preceduta soltanto dall'inquinamento atmosferico.

La Relazione della Commissione al Parlamento Europeo e al Consiglio, sull'attuazione della direttiva sul rumore ambientale ai sensi dell'articolo 11 della direttiva 2002/49/CE del 30/03/2017, evidenzia che:

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

- il rumore causato dal traffico viario, nelle aree urbane, risulta la principale sorgente di rumore alla base dell'esposizione delle persone, con un totale stimato di circa 70 milioni di persone esposte all'interno degli agglomerati a livelli superiori a 55 dB L_{den} (determinato sull'insieme dei periodi giornalieri di un anno solare)
- la seconda maggior sorgente di rumore è rappresentata dal traffico ferroviario, con un totale di circa 10 milioni di persone seguita dal traffico aereo, con circa 3 milioni di persone,
- il rumore causato dalle attività industriali all'interno delle zone urbane espone circa 1 milione di persone.

Da questi dati sull'esposizione la Commissione desume che 14,1 milioni di adulti sono fortemente disturbati dal rumore ambientale, un numero pari a 5,9 milioni di adulti soffre di gravi disturbi del sonno e ogni anno si contano 69.000 ricoveri e 15.900 casi di mortalità precoce a causa del rumore ambientale.

Per contrastare l'esposizione della popolazione a livelli eccessivi di rumore la Commissione propone di adottare politiche di pianificazione urbanistica (come suggerito dal 7° Programma di Azione per l'Ambiente) finalizzati a contenere i livelli eccessivi di rumore nelle aree urbane.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

ALLEGATO B

Schede riassuntive dei principali inquinanti indoor

Indice

Composti Organici Volatili (COV) 60
Formaldeide 61
Benzene 62
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) 63
Monossido di Carbonio 64
Ossidi di Azoto (NOx) 65
Ossidi di Zolfo (SOx) 66
Particolato 67
Fumo di tabacco ambientale (ETS)/Fumo di legna 68
Radon 69
Amianto 70
Fibre artificiali vetrose (MMVF) e organiche(MMOF) 71
Agenti Biologici 73

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Composti Organici Volatili (COV)
Sono da considerarsi COV (o VOC, dall'inglese Volatile Organic Compounds) gli idrocarburi alifatici, aromatici e clorurati, le aldeidi, i terpeni, gli alcoli, gli esteri e i chetoni. La formaldeide è, tra i COV, il composto maggiormente diffuso. Nei COV sono inclusi composti appartenenti a diverse classi organiche, ma con la comune caratteristica di poter esistere allo stato di vapore a temperatura ambiente. Il rilascio di COV può essere condizionato dalla temperatura e dall'umidità dell'aria: in presenza di alta umidità e di elevata temperatura i processi di emissione sono più rilevanti.
Fonti esterne (outdoor): il contributo dell'aria esterna nella concentrazione di questi composti è minimo rispetto alla loro origine indoor
Fonti interne (indoor): nei materiali edilizi i COV sono rilasciati in misura maggiore dai prodotti di finitura (rivestimenti, pitture e vernici, impregnanti, vetrificanti) e da quelli per la posa, per esempio, adesivi (copolimeri acrilici, eteri di cellulosa, vinilici) e sigillanti (gomme butiliche, siliconi), riempitivi per fughe (epossidici, poliuretanici, siliconici copolimeri acrilici). Gli arredi (es. mobili, moquette, rivestimenti) possono fornire emissioni continue durature nel tempo (settimane o mesi). Altre fonti di COV derivano da prodotti cosmetici o deodoranti, da dispositivi di riscaldamento, da materiali di pulizia, da abiti trattati recentemente in lavanderia, dal fumo di sigaretta e strumenti di lavoro (stampanti e fotocopiatrici).
Effetti sanitari a breve termine: effetti (sintomi) non necessariamente legati ad esposizioni acute (alti livelli per brevi periodi), i più caratteristici sono: irritazione congiuntivale e delle alte vie respiratorie; rinite, rash cutaneo, prurito, mal di testa, nausea, vomito e dispnea; epistassi (sanguinamento nasale) nelle intossicazioni da formaldeide.
Effetti sanitari a lungo temine: malattie cardio vascolari, malattie respiratorie croniche (asma, broncopneumopatia cronica ostruttiva), Sindrome da Edificio Malato (BRI), malattie neoplastiche.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Formaldeide
Gas incolore, infiammabile e altamente reattivo a temperatura ambiente. Commercialmente è venduta in soluzione acquosa al 30-50% (meglio nota come formalina). La formaldeide viene usata per la produzione di resine, come disinfettante e fissativo o come conservante in molti prodotti di consumo; essa si forma anche a seguito di processi di ossidazione di altri COV, e di reazioni tra l'ozono (presente nell'aria esterna) e alcheni (in particolare terpeni).
Fonti esterne (outdoor): la formaldeide è presente come prodotto naturale in numerosi sistemi viventi e nell'ambiente. Si rinviene naturalmente nei cibi, nella frutta e come metabolita endogeno nei mammiferi, (prodotto dal metabolismo ossidativo). In aggiunta a queste fonti naturali essa deriva da processi di combustione, (per esempio con l'emissione veicolare), impianti di produzione di energia da combustione e/o termovalorizzazione, fiamme libere e fumo di tabacco ecc. Fonte indiretta di esposizione alla formaldeide è inoltre l'ossidazione fotochimica di idrocarburi come il metano o altri precursori emessi dai processi di combustione.
Fonti interne (indoor): negli ambienti indoor la formaldeide può derivare dai materiali utilizzati per la costruzione dell'edificio e da prodotti di consumo che rilasciano formaldeide allo stato di vapore. La presenza di formaldeide dovuta al rilascio dai materiali da costruzione e da diversi prodotti può durare diversi mesi soprattutto in condizioni di elevate umidità e alte temperature all'interno dei locali. Negli ambienti indoor, le sorgenti principali di formaldeide sono: - mobili e legno contenenti resine a base di formaldeide (ad esempio truciolare e compensato); - materiali isolanti (ad esempio schiume); - prodotti tessili; - vernici, colle, adesivi; - prodotti per la pulizia della casa (ad esempio detergenti, disinfettanti, ammorbidenti); - prodotti cosmetici (ad esempio saponi liquidi, smalti); - apparecchiature elettroniche (ad esempio computer e fotocopiatrici); Molecole di formaldeide possono essere rilasciata durante la cottura dei cibi o durante l'uso di disinfettanti.
Effetti sanitari a breve termine : la formaldeide può causare irritazione agli occhi e alle vie respiratorie***.***
Effetti sanitaria a lungo temine: lo IARC considera la formaldeide un cancerogeno certo (tumori del tratto naso-faringeo) per l'uomo (Gruppo 1A)***.***

Benzene
È un composto aromatico, di formula C_6H_6, con un singolo anello di carbonio insaturo con sei atomi di carbonio. È un liquido chiaro, incolore, volatile, altamente infiammabile con odore caratteristico. È leggermente solubile in acqua ed è miscibile con la maggior parte dei solventi organici.
Fonti esterne (outdoor): le principali fonti esterne sono quelle derivanti dal traffico e sono influenzate dalla stagione e dalle condizioni meteorologiche; altre fonti esterne derivano dalla presenza di stazioni di servizio e dalla presenza di alcune tipologie di industrie (ad es. del carbone, del petrolio, del gas naturale, dell'acciaio e di prodotti chimici).
Fonti interne (indoor): Tra quelle indoor si annoverano i materiali da costruzione, i mobili, i garage, i sistemi di riscaldamento, il fumo di sigaretta, i sistemi di cottura e i solventi presenti all'interno degli ambienti. La sua concentrazione può anche essere influenzata dalle condizioni climatiche e dal tasso di ricambio dell'aria derivante dalla ventilazione forzata e/o naturale. Alcuni materiali utilizzati per l'arredo e materiali polimerici in vinile, PVC e pavimenti in gomma, nonché tappeti in nylon e lattice, possono contenere quantità di benzene in tracce. Può inoltre essere presente anche nei mobili in compensato, in vetroresina, nei rivestimenti in legno, nelle colle usate per i pavimenti e nelle vernici. Le concentrazioni di benzene in ambienti confinati sono normalmente superiori rispetto a quelle nell'aria esterna.
Effetti sanitari a breve termine: a basse concentrazioni si riscontrano effetti trascurabili, possono manifestarsi tuttavia in caso di esposizioni ad alte concentrazioni: effetti irritanti, arresto respiratorio, Vertigini, narcosi, ubriachezza, euforia, agitazione, nausea, mal di testa, stanchezza, disturbi al Sistema Nervoso Centrale.
Effetti sanitari a lungo temine: il benzene è riconosciuto come cancerogeno certo per la specie umana (gruppo 1 IARC sin dal 1982) e costituisce un significativo rischio cancerogeno per le persone che trascorrono molto tempo in ambienti confinati.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)
Gli IPA sono un vasto gruppo di composti costituiti dalla fusione di due o più anelli benzenici. Si formano principalmente per combustione incompleta o decomposizione di materia organica indotta da calore. Sono compresi tra gli IPA il naftalene, il metilcolantrene e il benzo(a)pirene. Gli IPA a basso peso molecolare (due o tre anelli) si trovano prevalentemente nella fase vapore, mentre quelli con un numero di anelli superiore a cinque e ad alto peso molecolare sono sotto forma di particolato. Gli IPA con peso molecolare intermedio (4 anelli) sono suddivisi, a seconda della temperatura ambientale, tra la forma vapore e quella di particolato; quelli sotto forma di particolato sono considerati i più pericolosi per la salute e alcuni di questi sono dotati di attività cancerogena.
Fonti esterne (outdoor): le emissioni di IPA da traffico costituiscono la principale fonte esterna per l'aumento degli stessi in ambiente indoor. Altre fonti esterne che possono interagire con l'ambiente indoor, derivano da impianti industriali, centrali elettriche e inceneritori. La concentrazione di IPA all'interno di un edificio è funzione dell'età di quest'ultimo, in quanto le fonti esterne hanno un maggiore impatto su edifici ad età più elevata, portando, pertanto, al loro interno ad una maggiore concentrazione.
Fonti interne (indoor*)*: La contaminazione da IPA dell'aria indoor è dovuta alla loro infiltrazione o intrusione dall'aria esterna e dalla loro emissione proveniente da sorgenti presenti negli ambienti interni quali fumo di sigaretta (considerata la fonte principale) o di legna, riscaldamento domestico, cucine ed emissioni derivanti da candele e incenso.
Effetti sanitari a breve termine: la capacità delle sostanze chimiche organiche di produrre effetti sulla salute varia notevolmente, passando da quelle altamente tossiche a quelle che non hanno effetti noti sulla salute, tra gli effetti a breve termine quelli più tipici sono rappresentati da: irritazione degli occhi, del naso e della gola; mal di testa, perdita di coordinamento e nausea.
Effetti sanitaria a lungo temine: allo stato attuale, non si conosce molto su quali effetti sulla salute a lungo termine delle sostanze organiche che di solito si trovano nelle abitazioni, alcune sostanze possono causare il cancro negli animali, alcune sono cancerogeni certi o probabili negli esseri umani inoltre possono causare danni al fegato, ai reni e al sistema nervoso centrale. Il benzo(a)pirene è il composto più significativo in quanto è un probabile cancerogeno per la specie umana (gruppo 2A IARC)

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Monossido di Carbonio
Il monossido di carbonio (CO) è un gas tossico incolore, non irritante, inodore e insapore; esso si forma a seguito combustione incompleta di combustibili carboniosi come legno, benzina, carbone, gas naturale e kerosene. Si mescola liberamente con l'aria in qualsiasi proporzione e si muove con l'aria mediante trasporto di massa. Il CO non è percepibile in nessun modo dagli esseri umani. È leggermente solubile in acqua, sangue e plasma e nel corpo umano e reagisce con l'emoglobina per formare carbossiemoglobina. L'utilizzo di combustibili di migliore qualità (quali il gas naturale, il butano o il propano) nel processo di combustione produce quantità inferiori, a condizione che venga fornita una quantità sufficiente di ossigeno, di CO rispetto ai combustibili di qualità inferiore.
Fonti esterne (outdoor): le emissioni dovute all'attività umana sono responsabili di circa due terzi del CO presente e l'esposizione a livelli bassi di CO può verificarsi all'aperto in vicinanza di strade, dove viene prodotto dagli scarichi dei veicoli a motore a benzina e diesel.
Fonti interne (indoor): all'interno degli edifici il CO è prodotto dai processi di combustione (cottura e riscaldamento) ed è anche introdotto attraverso la sua infiltrazione dall'esterno. Nei paesi industrializzati la fonte più significativa dovuta alle emissioni di CO deriva dalla presenza di apparecchiature (soprattutto sistemi di riscaldamento) non correttamente installate, con scarsa manutenzione e scarsa ventilazione. Altre fonti importante di produzione del CO sono il fumo di sigaretta e gli scarichi di veicoli a motore situati all'interno di garage dell'edificio. Anche la combustione di combustibili solidi di bassa qualità e biocarburanti utilizzati nelle stufe e/o camini possono portare ad elevate concentrazioni di CO, se non si è in presenza di opportuni sistemi di ventilazione. Il CO non viene assorbito dai materiali da costruzione o dai filtri dei sistemi di ventilazione. Conseguentemente in assenza di sorgenti interne di CO, la concentrazione interna è la stessa di quella proveniente dall'esterno.
Effetti sanitari: l'effetto del monossido di carbonio è dose dipendente, si va da casi di esposizioni acute che posso portare a morte in tempi brevissimi fino a situazioni di esposizione cronica con disturbi più sfumati: • a basse concentrazioni provoca sensazione di fatica nelle persone sane, cefalea difficoltà nella concentrazione e disturbi cognitivi nei bambini; dolore toracico nelle persone con malattie cardiache. • a concentrazioni moderate: angina, compromissione della capacità visiva, ridotta funzione cerebrale. • a concentrazioni più elevate: peggioramento della vista e del coordinamento, capogiri, caos, nausea. Può essere letale a concentrazioni molto elevate. Gli effetti acuti sono dovuti alla formazione di carbossiemoglobina nel sangue, che inibisce l'assunzione dell'ossigeno.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Ossidi di Azoto (NOx)
L'ossido di azoto può trovarsi in diverse forme, come ossido nitroso (N_2O) è un gas derivante dall'effetto serra e si forma a causa di attività antropiche che contribuiscono all'aumento della sua concentrazione a livello globale (c.ca 0.3 mg/l). Gli ossidi NO e NO_2 sono i due principali ossidi associati alle sorgenti di combustione; la loro concentrazione ambientale può variare ampiamente e raggiungere - come somma NO e NO_2 - valori prossimi a 500 µg/m^3 in aree urbane densamente popolate. Per reazione con acqua l'NO_2 forma acido nitrico che è un comune inquinante in ambienti interni. L'ossido nitrico viene ossidato all'aria e forma biossido di azoto. Nella sua forma liquida il biossido di azoto è incolore. Nell'aria ambientale la quantità delle diverse forme degli ossidi di azoto che si formano, dipendono dai rapporti stechiometrici tra ossigeno ed azoto, e la reazione è influenzata dalle alte temperature. Più alta è la temperatura di combustione, più ossido di azoto viene prodotto. Dalla reazione di combustione il 90-95% porta alla formazione di ossido di azoto e solo il 5-10% come biossido di azoto. In condizioni ambientali, l'ossido nitrico viene rapidamente ossidato all'aria per formare il biossido di azoto e quali ossidanti disponibili si riscontrano l'ossigeno, l'ozono e i COV.
Fonti esterne (outdoor): la fonte esterna principale della formazione di biossido di azoto è il traffico stradale.
Fonti interne (indoor): fonti primarie di biossido d'azoto all'interno degli ambienti interni sono i processi di combustione: apparecchi non ventilati (ad esempio stufe a gas) o ventilati con installazioni difettose; saldature; fumo di tabacco; riscaldamento a cherosene. Il livello medio di concentrazione del biossido d'azoto nelle abitazioni senza apparecchi di combustione è circa la metà di quello all'aperto. Nelle case con stufe a gas, riscaldatori a cherosene o riscaldatori a gas non ventilati, i livelli interni spesso superano i livelli esterni.
Effetti sanitari a breve termine: agisce principalmente come un irritante che colpisce la mucosa degli occhi, del naso, della gola e delle vie respiratorie. Un'esposizione estremamente elevata a NO_2 (come durante un incendio) può provocare edema polmonare e lesioni polmonari diffuse
Effetti sanitari a lungo temine: l'esposizione continua ad elevati livelli di NO_2 può contribuire allo sviluppo di bronchite acuta o cronica. L' esposizione a un livello basso di NO_2 può causare: aumento della reattività bronchiale in alcuni asmatici; ridotta funzionalità polmonare in pazienti con malattia polmonare ostruttiva cronica: aumento del rischio di infezioni respiratorie, soprattutto nei bambini

Ossidi di Zolfo (SOx)
Gli ossidi di zolfo sono gas incolori, di odore acre e pungente, prodotti dalla combustione di materiale contenente zolfo. La maggior parte dei composti dello zolfo prodotti dall'attività umana viene convertita in SO_2 (biossido di zolfo o anidride solforosa); solo l'1-2% si trova sotto forma di SO_3 (anidride solforica). L'ossidazione di SO_2 in SO_3 è favorita dalle alte temperature e dai prodotti delle reazioni fotochimiche che coinvolgono O_3, NO_2 e idrocarburi.
Fonti esterne (outdoor): le concentrazioni di SO_2 nell'aria esterna derivano soprattutto dall'uso di combustibili contenenti zolfo, dalla raffinazione del petrolio, da fonderie, da industrie che producono acido solforico e dall'incenerimento di rifiuti.
Fonti interne (indoor): a livello indoor le principali fonti di SO_2 sono costituite da radiatori a cherosene, da stufe e radiatori a gas privi di scarico e dal fumo di tabacco. Le concentrazioni più elevate si riscontrano nelle abitazioni riscaldate con stufe a cherosene. Occorre comunque considerare che la maggior parte dell'SO_2 negli ambienti confinati proviene da fonti esterne e solitamente all'interno la concentrazione è la metà rispetto a quella esterna.
***Effetti sanitari*:** agisce principalmente come un irritante che colpisce la mucosa degli occhi, del naso, della gola e delle vie respiratorie. Un'esposizione estremamente elevata a SO_X può provocare edema polmonare e lesioni polmonari diffuse.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Particolato
L'inquinamento da polveri sospese comprende una miscela complessa di particelle estremamente variabile in dimensione, origine e composizione. Il termine Particulate Matter (PM) include materiale particolato composto da sostanze minerali inorganiche (metalli, non metalli, solfati, nitrati, ammonio), da composti organici (carbonio organico, idrocarburi aromatici policiclici, diossine/furani) e da materiali di tipo biologico. Le polveri totali vengono generalmente distinte in quattro classi dimensionali corrispondenti alla capacità di penetrazione nelle vie respiratorie da cui dipende l'intensità degli effetti nocivi. Il PM_{10} (*inalabile*) ha un diametro inferiore a 10 µm ed è una polvere inalabile, ovvero in grado di penetrare nel tratto respiratorio superiore (naso, faringe e laringe). Il PM 10-2.5 (*particelle grossolane*) ha un diametro compreso tra 10 µm e 2,5 µm, ed è in grado di penetrare nel tratto respiratorio superiore. Il $PM_{2.5}$ (*fine*) ha un diametro inferiore a 2,5 µm ed è una polvere toracica, cioè in grado di penetrare nel tratto tracheo-bronchiale (trachea, bronchi, bronchioli). Il PM 0.1 (*ultrafine*) ha un diametro inferiore a 0,1 µm ed è una polvere ultrafine, in grado di penetrare profondamente nei polmoni fino agli alveoli. La definizione corrente di particolato quindi non considera generalmente la composizione chimica delle polveri, ma si limita ad esaminarne la capacità di entrare nella parte più profonda delle vie respiratorie. Le evidenze sperimentali indicano che gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) presenti nell'aria ambiente e in particolare il Benzo(a)pirene sono adsorbiti al particolato fine, il cui diametro aerodinamico è inferiore ad alcuni micrometri. Questo aspetto merita attenzione, in quanto l'esposizione a particolato fine comporta anche l'esposizione agli IPA ed altre sostanze di analoghe proprietà fisico chimiche, esito di processi di combustione in particolare dei motori. L'esame di particolato fine raccolto all'interno ed all'esterno di abitazioni ed edifici ha consentito di verificare la presenza di n-alcani, acidi grassi (palmitico e stearico) e ftalati.
Fonti esterne (outdoor): Le fonti sono sia naturali che antropiche, soprattutto i processi di combustione: incendi, attività industriali, traffico veicolare. Le sorgenti naturali sono ad esempio le particelle di roccia e di suolo movimentate dal vento, il materiale organico e le ceneri derivanti da incendi boschivi o da eruzioni vulcaniche, le piante (pollini e residui vegetali), le spore, lo spray marino, i resti degli insetti ecc.
Fonti interne (indoor): il particolato è prodotto principalmente dal fumo di sigaretta, dalle fonti di combustione e dalle attività degli occupanti. La composizione del particolato da combustione varia in base al tipo di combustibile e alle condizioni in cui avviene la combustione.
Effetti sanitari a breve termine: sono riportati in letteratura irritazione degli occhi, del naso e della gola, aggravamento dei sintomi delle malattie coronariche e respiratorie.
Effetti sanitari a lungo temine: l'esposizione a particelle inalabili può danneggiare a i polmoni che il cuore. Molti studi collegano direttamente la dimensione delle particelle alla loro capacità di causare problemi di salute. Le persone con patologie cardiache o polmonari, asma o broncopneumopatia cronica ostruttiva (COPD), i bambini e gli anziani possono essere a maggior rischio di esposizione al PM. Il $PM_{2.5}$ da motori diesel, è incluso tra i cancerogeni certi dallo IARC.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Fumo di tabacco ambientale (ETS)/Fumo di legna
È una miscela complessa di inquinanti la cui fonte primaria è il fumo di sigaretta. Il fumo presente nell'ambiente è costituito da un elemento detta "mainstream" e da una detta "sidestream"; il "mainstream" è il fumo inalato dai fumatori, filtrato dai polmoni e quindi espirato, e il "sidestream" è invece l'aerosol derivato direttamente dalla combustione della sigaretta; quest'ultimo è il più importante dei due, perché rappresenta il principale costituente dell'aerosol e di circa la metà della porzione corpuscolata dell'ETS. Dal punto di vista chimico sono stati individuati nel fumo ambientale circa 3800 composti. Le principali sostanze tossiche del fumo liberate nell'ambiente sono: il monossido di carbonio (CO), gli idrocarburi aromatici policiclici (come il benzo(a)pirene), numerosi VOC, l'ammoniaca e le ammine volatili, l'acido cianidrico e gli alcaloidi del tabacco. Nel fumo di sigaretta si trova anche una frazione particolata, costituita da sostanze presenti in fase solida, tra le quali il catrame e diversi composti poliaromatici. Circa 300-400 dei 3800 composti presenti nel fumo, sono stati isolati nel sidestream; tra questi composti alcuni riconosciuti cancerogeni sono presenti in concentrazioni superiori rispetto al mainstream. Il fumo prodotto dalla combustione del legno è costituito da una complessa miscela di gas e particolato fine. Oltre all'inquinamento da particelle, il fumo di legno contiene diversi inquinanti atmosferici tossici nocivi, tra cui: benzene, formaldeide, acroleina e idrocarburi policiclici aromatici (IPA). Più la legna brucia in modo efficiente (ad esempio, utilizzando una stufa a legna certificata e legno secco e stagionato) meno fumo si crea.
Fonti esterne (outdoor): trascurabile
Fonti interne (indoor): la combustione della legna all'interno delle abitazioni avviene tipicamente in relativa povertà di ossigeno con notevole produzione di CO, particelle respirabili, benzopirene ed altri composti organici. In Sardegna l'uso di caminetti a legna è tuttora molto diffuso: il loro non ottimale utilizzo può incrementare notevolmente i livelli di particelle respirabili all'interno del microambiente soprattutto durante la stagione invernale.
Effetti sanitari a breve termine: gli effetti sulla salute sono sostanzialmente condizionati dall'interazione tra le caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche presentate dalle diverse sostanze presenti rispetto alle capacità difensive dell'organismo esposto, in rapporto al livello, durata e modalità di esposizione e sono la sommatoria degli effetti indotti dalle singole sostanze già menzionate in precedenza, si va dalla irritazione degli occhi, del naso e della gola all' aggravamento dei sintomi delle malattie coronariche e respiratorie.
Effetti sanitari a lungo temine: effetti cancerogeni soprattutto a carico dei polmoni, aggravamento delle patologie cardio respiratorie acute e croniche.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Radon
Il radon è un gas radioattivo naturale inodore e incolore; i principali isotopi sono il ^{222} Rn (detto radon, appartenente alla serie del ^{238} U) e il ^{220} Rn (chiamato toron e appartenente alla serie del ^{232}Th). Il radon è un emettitore, che genera una serie di figli prodotti di decadimento a vita medio-breve (^{218}Po, ^{214}Pb, ^{214}Bi, ^{214}Po e ^{210} Pb) che presentano una spiccata tendenza a legarsi elettrostaticamente alle polveri(PM) e agli aerosol atmosferici. Il radon fuoriesce continuamente dal terreno, sebbene con sensibili fluttuazioni a seconda dell'ora del giorno o del periodo dell'anno, disperdendosi nell'aria aperta o concentrandosi negli ambienti chiusi. Esso riesce a penetrare nei luoghi chiusi per la piccola depressione - dovuta alla differenza di temperatura tra l'interno (più caldo) dell'edificio e l'esterno (più freddo) - che esiste tra l'interno degli edifici ed il suolo; questa depressione provoca l'aspirazione dell'aria dal suolo verso l'interno dell'edificio. L'unità di misura della concentrazione dell'attività del radon è il Becquerel per metro cubo (Bq/m^3); esso indica il numero di disintegrazioni al secondo di una sostanza radioattiva
Fonti esterne (outdoor): il radon è presente in ogni terreno e roccia, anche se in quantità molto variabili dipendenti dalle caratteristiche del terreno/roccia (quali la concentrazione di uranio e torio, la permeabilità, la presenza di fratture/faglie, ecc.). Una volta rilasciato dalla roccia il gas può spostarsi per diffusione attraverso i fluidi presenti negli spazi interstiziali o per convezione a causa dei gradienti di pressione presenti nel suolo. La diffusione nel suolo dipende dalla porosità e dalla connessione fra i pori, mentre il trasporto per convezione dipende sia dalle proprietà geologiche e geochimiche dei suoli, quali ad esempio la presenza di zone calde sotterranee, sia dalle caratteristiche strutturali dell'ammasso roccioso, quali ad esempio la presenza di faglie, ma con contributo derivante dalle fluttuazioni di pressione nel suolo legate al campo barometrico.
Fonti interne (indoor): pur essendo il suolo la principale sorgente del radon presente all'interno degli edifici, anche diversi materiali edili ricavati da rocce o terreni - ad es. quelli ricavati da rocce vulcaniche o plutoniche - sono sorgenti di radon, ma il loro contributo alla sua concentrazione nei luoghi chiusi è generalmente più basso rispetto all'apporto derivante dal suolo. Anche le acque sotterranee possono essere ulteriori vettori di radon. Il meccanismo di base che trasporta il radon in ambienti interni è dovuto alla differenza di pressione esistenti tra l'interno e l'esterno degli edifici. In genere, l'interno di un edificio è in depressione rispetto all'esterno e questo porta ad una aspirazione di aria dal suolo attraverso le fessurazioni e le aperture presenti nell'edificio.
Effetti sanitari a lungo temine: il radon è classificato dalla IARC- (WHO) come Cancerogeno certo per l'uomo (Gruppo 1). L'esposizione al radon è considerata la seconda causa di cancro polmonare dopo il fumo, il quale costituisce un sicuro effetto sinergico. Non sono invece provati eventuali effetti patologici diversi dal tumore polmonare. Il rischio di tumore polmonare aumenta proporzionalmente al livello di esposizione, in particolare, si stima che a ogni incremento di 100 Bq/m^3 di concentrazione media dell'attività del radon corrisponde un incremento del rischio del 16% circa (Darby et al., 2005. Radon in homes and lung cancer risk: collaborative analysis of, individual data from 13 European case-control studies. Br. Med. J. 330, 223 e 226); l'eccesso di rischio di verifica anche per esposizioni prolungate a concentrazioni medio-basse, cioè anche per concentrazioni che non superano i 200 Bq/m^3.

Amianto
L'amianto o asbesto è il nome comunemente utilizzato per indicare una serie di minerali a struttura fibrosa presenti in natura, tra i quali la crisolite (asbesto bianco), l'amosite (asbesto marrone) e la crocidolite (asbesto blu). Le fibre di amianto, rispetto alle altre varietà di silicati, presentano dei diametri molto piccoli, dell'ordine del millesimo di centimetro, e la particolare proprietà di separarsi in senso longitudinale e spezzarsi in senso verticale, dando luogo a fibre estremamente fini, potenzialmente inalabili; in particolare, vengono ritenute pericolose le fibre che presentano una lunghezza maggiore o uguale a 5 μm e diametro inferiore a 3 μm, con un rapporto lunghezza/diametro ≥ 3. La produzione di materiali contenenti amianto cessata del tutto nel 1992 (Legge 275/92), data a partire dalla quale questa sostanza non può più essere estratta né utilizzata per produrre manufatti.
Fonti esterne (outdoor): nei decenni passati l'amianto è stato ampiamente utilizzato nell'industria meccanica, edile e navale per le sue capacità di isolamento termico e di resistenza alle alte temperature e alle frizioni. In Italia, l'uso di coperture in cemento-amianto (lastre ondulate, tegole, pianelle, ecc.) ha rappresentato quasi il 90% di tutto l'amianto utilizzato. Tali prodotti possono rappresentare una fonte di contaminazione di fibre nel caso siano degradati o danneggiati e, comunque, quando la matrice cementizia perde la sua consistenza. Sono costituite, per la quasi totalità, da crisotilo, ma possono essere presenti anche anfiboli: la presenza di crocidolite è riconoscibile anche ad occhio nudo se emergono in superficie fiocchi di colore blu.
Fonti interne (indoor): materiali di rivestimento superficiale, rivestimenti isolanti di tubazioni, pannelli e cartoni, filati, tessuti e corde, linoleum e piastrelle per pavimenti, componenti in cemento amianto
Effetti sanitari a breve termine: trascurabili
Effetti sanitaria a lungo temine: i rischi per la salute derivano principalmente dall'inalazione di fibre libere ma allo stato attuale non è possibile escludere effetti negativi derivanti anche dall'ingestione delle stesse. L'esposizione all'amianto aumenta il rischio di sviluppare malattie polmonari. I sintomi possono richiedere molti anni per svilupparsi dopo l'esposizione. L'amianto è il più potente cancerogeno ambientale conosciuto; nei prossimi anni è atteso un incremento del numero dei casi di tumore e di altre patologie dell'apparato respiratorio correlati all'esposizione ad amianto (asbestosi, carcinoma polmonare, mesoteliomi).

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Fibre artificiali vetrose (MMVF o FAV) e organiche (MMOF)

Le MMVF (Man Made Vitreous Fibers) sono materiali inorganici fibrosi con struttura molecolare amorfa (vetrosa, cioè non cristallina) prodotti a partire da vetro, rocce, scorie, ossidi inorganici lavorati con particolari modalità e altri tipi di minerali. Si possono trovare come:

- lana (una massa di fibre intricate e discontinue di vari diametro e lunghezza) e comprendono: la lana di vetro, di scoria e di roccia. Sono resistenti alla trazione ed efficaci a varie temperature e per questo sono largamente utilizzate come isolanti termici; hanno una bassa resistenza all'impatto e all'abrasione.
- le fibre ceramiche, che sono prodotte attraverso processi chimici a temperature elevate, hanno un'estrema resistenza ad alte temperature, hanno bassa conducibilità termica, elettrica ed acustica.
- filamenti: le fibre di vetro a filamento continuo sono prodotte per fusione in filiere e successiva trazione, il diverso tenore di silice ne condiziona le proprietà tecniche e di conseguenza le applicazioni e gli utilizzi, principalmente per usi elettrici e di materiali di rinforzo per plastica e cemento.

Le fibre artificiali organiche MMOF (Man Made Organic Fibers), sono polimeri rappresentati da lunghi filati orientati nella stessa direzione da processi di stiramento, ottenuti dalla sintesi di prodotti chimici che trovano interessanti applicazioni di tipo industriale; si suddividono in fibre aramidiche, poliacriliche, poliammidiche, poliolefiniche e polivinilliche. La classe maggiormente studiata è quella delle fibre aramidiche ed in particolare le fibre para- aramidiche di dimensioni respirabili note come Respirable-sized Fiber-shaped Particulates (RFP).

Una caratteristica delle fibre artificiali, che le differenzia dalle fibre minerali naturali, consiste nell'impossibilità di separarsi longitudinalmente in fibrille di più piccolo diametro. Esse si spezzano solo trasversalmente producendo frammenti più corti, di conseguenza i diametri delle fibre, alle quali possono essere esposti gli utilizzatori, dipendono solo dalla distribuzione dimensionale dei diametri nel manufatto originale. Il loro impiego varia dall'isolamento termico e acustico al rinforzo per pavimenti, pannelli etc.

Fonti

- le fibre a filamento continuo sono utilizzate in campo tessile, per usi elettrici e di materiali di rinforzo per plastica e cemento;
- le lane di vetro per scopi speciali sono utilizzate in filtri ad alta efficienza ed isolamento aerospaziale;
- le fibre ceramiche refrattarie (FCR) sono utilizzate in applicazioni industriali per l'isolamento di forni, di altoforno, di stampi di fonderia, di condutture, di cavi, per la fabbricazione di giunti ma anche nell'industria automobilistica, aeronautica e nella protezione incendio;
- le restanti fibre artificiali vetrose (lana di vetro per isolamento, lana di roccia, lana di scoria, AES, HT wool) sono denominate "lane minerali" e sono utilizzate come isolanti nell'edilizia ed in altre applicazioni: colture fuori suolo, camere sorde, rafforzamento di prodotti bituminosi, di cementi, di materiali compositi, ecc.

Effetti sanitari a breve termine: le FAV non sono considerate irritanti per la pelle perché gli effetti irritanti osservati sono di natura meccanica (dovuti allo sfregamento, come per molti altri materiali) e non dovuti alla

composizione chimica. Le FAV sono in grado di attivare processi infiammatori nelle vie respiratorie, ma se le fibre sono bio-solubili queste non comportano alcuna alterazione polmonare.
Effetti sanitari a lungo temine: la IARC, nell'ambito del programma di rivalutazione dei rischi cancerogeni legati alle lane minerali, ha concluso che le lane minerali sono da considerarsi non classificabili come cancerogene, mentre ha classificato le fibre ceramiche nel gruppo delle possibili cancerogene. La IARC nel rapporto n. 3/001 del 2003 ha classificato anche le MMOF come non cancerogene, eccetto le aramidiche per le quali ha espresso la priorità di rivalutazione. Il WHO nel 2005 ha classificato le para-aramidiche a “media pericolosità” poiché capaci di rilasciare fibre respirabili. Come già detto, a partire dal 2009 le FAV non sono più considerate irritanti per la pelle perché gli effetti irritanti osservati sono di natura meccanica (dovuti allo sfregamento, come per molti altri materiali) e non dovuti alla composizione chimica. Le FAV risultano in grado di scatenare processi infiammatori nelle vie respiratorie, ma se le fibre sono bio-solubili queste non comportano alcuna alterazione polmonare. Maggiori rischi vi sono per le FCR, dal momento che, rispetto alle lane minerali, hanno un basso contenuto di ossidi alcalini ed alcalino/terrosi, Il National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) ha trovato un’associazione fra esposizione a FCR e opacità parenchimali, per cui appare ormai assodata in letteratura la correlazione fra esposizione a FRC e la comparsa di placche pleuriche, disturbi e segni quali dispnea, affanno, tosse, irritazione pleurica.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Agenti Biologici

Gli agenti biologici presenti negli spazi confinati sono rappresentati da particelle organiche (bio-aerosol) costituiti da microrganismi (virus, batteri, muffe, lieviti, funghi, protozoi, alghe) da insetti (acari, aracnidi), e da materiale biologico da essi derivato (frammenti di esoscheletro, escreti, tossine) o da materiale organico di origine vegetale (pollini di piante superiori). Le principali fonti di inquinamento microbiologico degli ambienti indoor sono gli occupanti (uomo ed animali), la polvere e le strutture stesse dell'edificio; i fattori ambientali che più influiscono sulla loro proliferazione sono l'umidità e la temperatura.

Fonti esterne (outdoor): siti che possono costituire delle sorgenti di contaminazione biologica sono le torri di raffreddamento degli impianti di condizionamento, i serbatoi e la rete distributiva dell'acqua. Non bisogna inoltre dimenticare la funzione di allergeni dei pollini provenienti dai fiori, che possono costituire un importante fattore di aggravamento di numerose patologie allergiche.

Fonti interne (indoor): le principali fonti di inquinamento biologico degli ambienti indoor sono costituite dagli esseri viventi e dalla polvere, che costituisce un pabulum ideale per la proliferazione dei microrganismi e degli acari della polvere. Da un punto di vista sanitario gli aspetti più rilevanti indotti dagli agenti biologici sono:

- **le infezioni:** a livello domestico, gli umidificatori e i condizionatori dell'aria, a causa dell'elevata presenza di umidità e di un'inadeguata manutenzione , favoriscono l'insediamento e la moltiplicazione dei microrganismi, quali batteri termofili (es. *Legionella pneumophila*), termoresistenti e miceti, che vengono poi diffusi dall'impianto di distribuzione dell'aria negli ambienti confinati, Tra i vari generi di miceti riscontrati sui filtri interni degli impianti di condizionamento, alcuni sono potenzialmente allergenici, quali *Cladosporium sp., Penicillum, sp., Aspergillus sp., Fusarium sp*..
- **la sensibilizzazione allergica** a livello domestico può essere indotta da seguenti allergeni:
  – acari (*Dermatophagoides pteronyssinus e Dermatophagoides farinae);*
  – scarafaggi (*Blattella germanica e Periplaneta americana*);
  – mammiferi (derivati epidermici di animali di *Felis domesticus e Canis familiaris*);
  – miceti (*Aspergillus spp, Penicillium spp, Alternaria spp*);
  – allergeni occasionali in ambiente indoor.
  Gli allergeni indoor responsabili delle patologie allergiche possono essere definiti "perenni", in quanto presenti tutto l'anno con concentrazioni più o meno variabili, nell'ambiente in questione, e risentono molto poco della fluttuazione che invece caratterizza la periodicità degli allergeni comunemente definiti outdoor (pollini).

***Effetti sanitari**: a*lcuni contaminanti biologici innescano reazioni allergiche, tra cui polmonite da ipersensibilità, rinite allergica, alcuni tipi di asma. Le reazioni allergiche si verificano solo dopo ripetuta esposizione a uno specifico allergene. La reazione può tuttavia verificarsi immediatamente dopo una nuova esposizione o dopo più esposizioni nel tempo. Alcune malattie, come la febbre da umidificatore, sono associate all'esposizione alle tossine causate da microrganismi che possono svilupparsi nei grandi sistemi di ventilazione degli edifici. Tuttavia, queste malattie sono riconducibili anche a microrganismi che crescono nei sistemi di riscaldamento e raffreddamento domestico e negli umidificatori.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

ALLEGATO C

Approfondimento sui metodi e tecnologie per il miglioramento della qualità dell'aria indoor

Indice

Premessa 76
La qualità dell'aria..... 77
La ventilazione..... 80
La riduzione della concentrazione di Radon indoor 98

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Premessa

Il presente Allegato esplicita alcuni dei contenuti presenti nelle Linee di Indirizzo, al fine di dare maggior risalto agli aspetti che, per necessità di sintesi, vengono menzionati o solamente elencati.

In particolare, vengono trattate le principali strategie per la riduzione dei contaminati dell'aria indoor, attraverso la descrizione delle tecnologie costruttive, dei dispositivi e dei materiali che possono essere adottati per l'ottenimento di un buon comfort abitativo.

Nello specifico, per quanto concerne le tecniche di aerazione e ventilazione, riconosciute come principali misure per la riduzione degli inquinanti dell'aria indoor, vengono forniti gli elementi inerenti i fenomeni fluidodinamici che regolano i flussi d'aria negli ambienti interni, per azione del vento e di moti convettivi naturali. Questi aspetti costituiscono i principi di base per le attività di pianificazione e progettazione dell'aerazione e ventilazione naturale degli ambienti confinati, i quali possono essere considerati, nell'ambito del miglioramento della qualità dell'aria indoor, sia per edifici di nuova costruzione, sia per interventi di riqualificazione di edifici esistenti.

Un capitolo del presente Allegato è dedicato alle strategie di riduzione delle concentrazioni di gas Radon indoor, nel quale vengono esplicitate e confrontate le azioni di mitigazione per questo specifico contaminante, che per facilità espositiva sarà considerato in questa trattazione come un inquinante.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

La qualità dell'aria

Al fine di dare univocità sui riferimenti progettuali e sui livelli prestazionali in termini di qualità dell'aria, viene di seguito presentata la classificazione fornita dalla norma UNI EN 16798-3:2018 (*Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 3: Per gli edifici non residenziali - Requisiti prestazionali per i sistemi di ventilazione e di condizionamento degli ambienti*) in merito alla qualità dell'aria esterna ed interna agli edifici.

Qualità dell'aria esterna

L'analisi delle caratteristiche quali-quantitative dell'aria esterna, presente nel sito di interesse e nelle aree limitrofe, costituisce uno step fondamentale della progettazione/pianificazione di nuovi complessi edilizi, ed in generale, dei sistemi/tecnologie per l'ottenimento di una buona qualità dell'aria indoor.

In presenza di inquinanti nell'aria esterna ad elevate concentrazioni, risulta impraticabile l'aerazione o la ventilazione naturale degli ambienti, rendendo necessaria l'adozione di sistemi di ventilazione meccanica dotati di sistemi filtranti.

La norma UNI EN 16798-3:2018 fornisce la classificazione della qualità dell''aria esterna, come riportato nella seguente tabella:

Categoria	Descrizione
ODA1	Aria esterna che può essere inquinata solo temporaneamente da polveri (es. pollini)
ODA 2	Aria esterna con alte concentrazioni di particolato e/o inquinanti gassosi
ODA 3	Aria esterna con concentrazioni molto alte di particolato e/o inquinanti gassosi

Classificazione dell'aria esterna (ODA – *Outdoor Air*) secondo la norma UNI EN 16798-3:2018.

La classificazione viene effettuata tendendo conto degli inquinanti più dannosi per la salute umana (sia di natura gassosa che particolato aerodisperso).

L'aria viene definita "pura" quando vengono rispettati i parametri riportati nelle linee guida del WHO (1999) o i valori limite imposti da altri standard o regolamenti di settore.

Le concentrazioni sono definite "alte" e "molto alte", quando superano i valori soglia dell'aria "pura" di un fattore rispettivamente pari a 1,5 e superiori a 1,5.

Per quanto concerne i valori limite dei principali inquinanti dell'aria esterna, essi sono riportati nel D.Lgs. 155/2010.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Qualità dell'aria interna

In attesa dell'entrata in vigore della norma UNI EN 16798-1, inerente la qualità dell'aria indoor, si può fare riferimiento alla norma UNI EN 15251:2008, la quale a sua volta rimanda alla norma UNI EN 13779. Detta norma fornisce la classificazione dell'aria interna riportata nella seguente tabella:

Categoria	Descrizione
IDA 1	Elevata qulità dell'aria intera
IDA 2	Media qualità dell'aria interna
IDA 3	Moderata qualità dell'aria interna
IDA 4	Bassa qualità dell'aria interna

Classificazione dell'aria interna (IDA – *Indoor Air*) secondo la norma UNI EN 13779.

L'esatta definizione di ogni singola categoria è correlata alla natura delle sorgenti di contaminazione, nonché agli effetti dei singoli inquinanti sulla salute.

Le fonti della contaminazione possono essere così distinte:

- localizzate in uno spazio o distribuite nell'intero edificio;
- emittenti continue o intermittenti;
- emittenti di particelle (inorganiche, visibili o altre inorganiche) o di gas/vapori (organici o inorganici).

Gli effetti possono essere considerati in termini di percezione della qualità dell'aria (da parte di persone adattate e non adattate) o in termini di effetti sulla salute, quali ad esempio irritazione delle mucose, effetti tossici, infezione, reazioni allergiche o effetti cancerogeni.

Tali effetti possono dipendere dalla persona esposta, ad es. dal fatto che si tratti di adulti sani oppure appartenenti a categorie sensibili (bambini, anziani, malati o convalescenti).

La definizione delle categorie IDA può essere condotta adottando uno o più criteri indicati nella norma UNI EN 13779; in particolare: la concentrazione di CO_2, la qualità dell'aria percepita in decipols[3] (metodo CR 1752), la quantità di aria esterna fornita per singolo occupante, il valore della portata d'aria di piano concentrazione di specifici inquinanti.

Influenza dei parametri microclimatici sui contaminanti indoor

Con il termine "microclima" dell'ambiente indoor si intende "*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*" (definizione adottata dall'Accordo di

[3]Il livello di inquinamento olfattivo equivalente espresso in decipol, rappresenta la percezione olfattiva di inquinamento dell'aria. Un decipol viene definito come l'inquinamento percepito in un ambiente con ricambio d'aria di 10 l/s e causato da una persona normale.

Conferenza Unificata del 18.11.2010 (rep. atti n. 124), concernente le linee di indirizzo per la prevenzione nelle scuole dei fattori di rischio indoor per allergie e asma).
I parametri che maggiormente caratterizzano il microclima sono i seguenti:

- temperatura dell'aria;
- temperatura delle superfici;
- umidità relativa;
- velocità dell'aria e ricambio di aria (naturale o forzato).

- Temperatura

E' necessario distinguere la temperatura dell'aria indoor e la temperatura delle superfici degli elementi presenti nell'ambiente confinato (pareti perimetrali, pareti divisorie, arredi, superfici di impianti e condotte, ecc.), tra le quali si può registrare una marcata differenza.

La temperatura influenza la formazione e proliferazione di agenti microbiologici, con azione fortemente dipendente dal legame temperatura/umidità relativa.

Ad elevate temperature, raggiunte in particolar modo sulle superfici solide per effetto del riscaldamento da irraggiamento solare, si registra un incremento delle emissioni di COV.

Infine, la velocità di emissione della formaldeide eventualmente presente subisce un incremento sostanziale con l'aumentare della temperatura.

- Umidità

La presenza di elevati tassi di umidità in ambiente indoor può essere imputabile a diversi fattori, quali:

- Infiltrazione dalle pareti perimetrali a causa dell'azione di inumidimento dell'acqua piovana o, nelle pareti controterra, per il contatto con l'acqua interstiale presente nel terreno.
- Condensazione sulle pareti o su condotte fredde, per effetto della differenza di temperatura tra l'aria interna (più calda) e la temperatura delle superfici di contatto.
- Perdite da condotte idriche o fognarie.
- Ristagno di umidità derivante dai processi metabolici degli occupanti e dalle attività della vita quotidiana (preparazione di cibi, lavaggio di ambienti, igiene personale ecc.).

L'umidità influisce in particolar modo sulla formazione e proliferazione di agenti biologici (funghi, muffe, batteri, ecc.). In alcuni casi, l'incremento di umidità relativa dell'aria e la condensazione del vapore sulle superfici interne determina l'emissione (per sostituzione) di sostanze presenti nei materiali stessi. E' noto inoltre che valori elevati di umidità influenzano le velocità di emissione di COV. Analogamente, a parità di temperatura, l'incremento dell'umidità in aria determina l'emissione di formaldeide dai materiali lignei.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Infine, il contenuto di vapore acqueo nell'aria influenza fortemente i meccanismi di dispersione del particolato, attraverso l'alterazione delle forze di legame tra le particelle.

- Aerazione e ricambio dell'aria

L'aerazione e/o la ventilazione (naturale/meccanica), mettono in atto i processi di diluizione e trasporto dei contaminanti presenti nell'aria. Non è tuttavia possibile considerare la generalizzazione dei meccanismi che caratterizzano l'interazione tra contaminanti e la ventilazione, in quanto sono aspetti particolarmente complessi e fortemente influenzati dal regime di flusso e dalla natura dei contaminanti stessi.

E' noto che, in regime di flusso laminare, la velocità di emissione dei COV aumenta all'aumentare della velocità del flusso stesso. Tale legame si perde invece in regime di moto turbolento.

La concentrazione del particolato aerodisperso è legata a numerosi fattori, quali: dimensione delle particelle, scabrezza delle superfici in cui questo si deposita, velocità del moto e regime di flusso dell'aria.

La ventilazione

Lo standard americano ASHRAE 62-1:2010 (Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality) definisce la ventilazione come "*il processo di immissione e/o estrazione d'aria da e/o verso un ambiente confinato con lo scopo di controllare i livelli di inquinanti, l'umidità o la temperatura*", mentre la norma UNI EN 12792 (Ventilazione degli edifici – Simboli, terminologia e simboli grafici) indica con il termine "ventilazione", l'immissione e l''estrazione d'aria, entrambe calcolate, in entrata ed in uscita da un determinato spazio. La ventilazione permette di:

- effettuare la diluizione e rimozione degli inquinanti indoor;
- assicurare il volume d'aria idoneo per l'attività metabolica degli occupanti;
- garantire il controllo termoigrometrico degli ambienti interni ed evitare la formazione di condense e muffe.

Le tecniche di ventilazione sono distinte in:

- aerazione;
- infiltrazione;
- ventilazione naturale;
- ventilazione meccanica;
- ventilazione ibrida.

Le prime due, pur basandosi sugli stessi principi della ventilazione naturale, non sono oggetto di una progettazione, intesa come la definizione ed il dimensionamento puntuale del sistema di ventilazione; infatti l'aerazione si attua attraverso l'azione diretta dell'occupante. Pertanto, è una tecnica essenzialmente legata alla buona pratica dell'individuo ed è fortemente condizionata dalla discrezionalità ed abitudini del singolo, nonché dalla conoscenza dei benefici indotti da una corretta aerazione dei locali.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

L'infiltrazione è invece un meccanismo di ricambio d'aria legato alle caratteristiche costruttive dell'edificio e non dipende dalla volontà dell'occupante.

La ventilazione dovrebbe garantire la rimozione/riduzione omogenea dei contaminati presenti nell'aria in tutto l'ambiente confinato. Questa condizione è tuttavia teorica ed è pertanto opportuno introdurre il concetto di "*efficienza di ventilazione*".

Essa descrive la capacità di un sistema di ventilazione nel rimuovere gli inquinanti da un ambiente confinato, attraverso la velocità con cui questo processo si compie.

La norma UNI EN 16798-3: 2018 definisce l'efficienza di ventilazione attraverso la seguente relazione:

$$\varepsilon_v = \frac{C_e - C_s}{C_i - C_s}$$

Dove:

ε_v = efficienza di ventilazione
C_e = concentrazione dell'inquinamento nell'aria esausta
C_i= concentrazione dell'inquinamento nell'aria interna
C_s = concentrazone dell'inquinamento nell'aria di approvvigionamento

In un sistema ad alta efficienza (ε_v>1), la qualità dell'aria indoor è superiore a quella esterna e tale condizione è uniforme in tutto l'ambiente trattato. E' quindi possibile ridurre la portata d'aria complessiva pur garantendo un corretto ricambio d'aria, evitando il sovradimensionamento del sistema.

L'efficienza della ventilazione dipende dalle caratteristiche dell'impianto, dalla posizione, distribuzione e caratteristiche dei terminali, nonché dalla tipologia del locale.

La Norma UNI 10339 - Impianti aeraulici ai fini del benessere - definisce quale deve essere la portata dei ricambi d'aria necessari in relazione al tipo di attività svolta nei locali ed al grado di affollamento.

Il numero di ricambi d'aria orario (*n*) rappresenta il rapporto tra il volume dell'ambiente ed il volume d'aria che viene rinnovato in un intervallo di tempo pari ad un'ora.

$$n = \frac{(Q_{op} \cdot n_s \cdot A)}{V}$$

In cui:

n = numero di ricambi d'aria previsti in funzione della destinazione d'uso (h^{-1})
Q_{op} = portata d'aria esterna richiesta nel periodo di occupazione dei locali (m^3/h .persona)
n_s = indice di affollamento (persone/mq di superficie calpestabile)
A= superficie utile del pavimento (m^2)
V = volume netto dell'ambiente a temperatura controllata (m^3)

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

A titolo di esempio, nelle tabelle seguenti vengono riportati i valori di portata esterna (Q_{op}) o di estrazione (Q_{os}) in relazione alla destinazione d'uso dell'edificio e gli indici di affollamento per alcune tipologie di edifici, entrambe presenti nella norma UNI 10339.

Categorie di edifici	Portata di aria esterna o di estrazione	
	Q_{op} (10^{-3} m^3/s per persona)	Q_{os} (10^{-3} $m^3/s\ m^2$)
EDIFICI ADIBITI A RESIDENZA E ASSIMILABILI		
RESIDENZE A CARATTERE CONTINUATIVO		
Abitazioni civili:		
- soggiorni, camere da letto	11	
- cucina, bagni, servizi	estrazioni	
Collegi, luoghi di riciovero, case di pena, caserme, conventi:		
- sale riunioni	9	
- dormitori/camere	11	
- cucina	-	16,5
- begni/servizi	estrazioni	
RESIDENZE OCCUPATE SALTUARIAMENTE		
Vale quanto prescritto per le residenze a carattere continuativo		
ALBERGHI, PENSIONI, ecc.		
- ingresso, soggiorni	11	
- sale conferenze (piccole)	5,5	
- auditori (grandi)	5,5	
- sake da pranzo	10	
- camere da letto	11	
- bagni, servizi	estrazioni	

Portate di aria esterna in edifici adibiti ad uso civile (estratto Prospetto III UNI 10339).

Classificazione degli edifici per categorie	n_s
EDIFICI ADIBITI A RESIDENZA E ASSIMILABILI	
- Abitazioni civili:	
Soggiorni, camere da letto	0,04
- Collegi, luoghi di riciovero, case di pena, caserme, conventi:	
Soggiorni	0,20
Sale riunioni	0,60
Dormitori	0,10
Camere da letto	0,05
- Alberghi, pensioni:	
Ingresso, soggiorni	0,20
Sale conferenze (piccole)	0,60
Camere da letto	0,05

Indici di affollamento n_s per metro quadro di superficie (estratto Prospetto VIII UNI 10339).

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Aerazione

L'aerazione dei locali avviene mediante l'apertura degli infissi esterni (finestre/portefinestre) da parte degli occupanti e consente di generare il ricambio dell'aria interna per immissione di aria proveniente dall'esterno.

Questa tecnica, pur essendo a basso dispendio energetico, in quanto non sono presenti dispositivi elettrici per la movimentazione dell'aria, non consente il controllo della ventilazione, né in termini quantitativi (portata d'aria entrante ed uscente), né tanto meno qualitativi: l'aria in ingresso, infatti, non viene in alcun modo trattata per l'abbattimento di eventuali contaminanti esterni e non subisce nessun processo di regolazione termoigrometrica.
Inoltre, l'apertura degli infissi può determinare l'incremento dell'inquinamento acustico dell'ambiente indoor.
L'efficienza dell'aerazione è strettamente legata alla variabilità delle condizioni ambientali locali, oltre che alle abitudini del singolo occupante.
Questa tecnica è dunque indicata soprattutto in aree territoriali aventi climi miti e con buona qualità dell'aria esterna.
In alcuni ambiti territoriali non è possibile adottare la sola aerazione, specialmente dove è richiesto un controllo marcato della temperatura e dell'umidità dell'aria, o in luoghi dove si registrano lunghi periodi con elevata temperatura ed umidità esterna, o laddove si registra l'inquinamento cronico dell'aria esterna.
Il meccanismo dell'aerazione avviene principalmente per effetto del vento incidente sull'involucro edilizio: una corrente d'aria che colpisce un edificio da luogo alla formazione di aree ad alta e bassa pressione: sulle superfici sopravento si sviluppa un incremento di pressione mentre, nel lato sottovento si produce l'effetto opposto (Figura 1). Questo gradiente di pressione rappresenta il motore dei flussi naturali dell'aria, che si muovono da zone ad alta pressione verso quelle a bassa pressione.

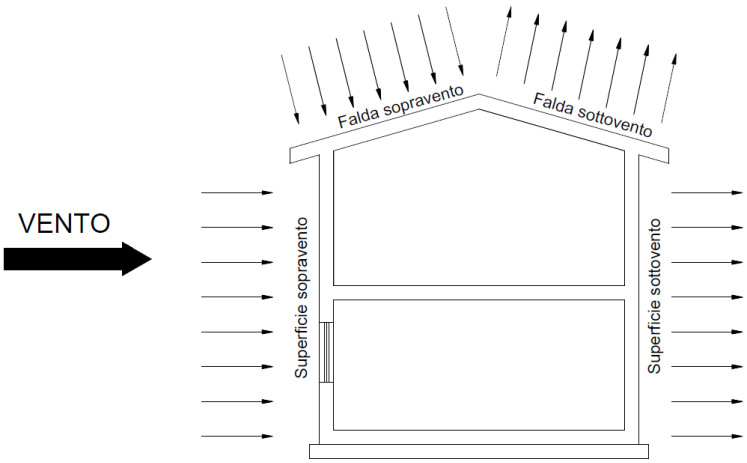


Figura 1: effetto del vento.

Il suddetto fenomeno è influenzato dalla dimensione delle aperture presenti nei locali, dalla loro distribuzione planimetrica e dalle differenze di densità dell'aria imputabili ai gradienti termici tra esterno ed interno. Occorre dunque che siano presenti delle aperture nell'involucro dell'edificio, la cui posizione e dimensione determina la velocità e la direzione delle correnti d'aria all'interno dei locali. In genere il flusso è di tipo orizzontale e si innesca per flussi contrapposti sui lati sopravento e sottovento (ventilazione incrociata).

In assenza di aperture su entrambi i lati, la ventilazione naturale per effetto del vento presenta una azione molto limitata.

In linea generale si osservano le seguenti indicazioni progettuali:

- Il flusso d'aria passante attraverso l'edificio, come evidenziato nella seguente figura, subisce un incremento di velocità quando le aperture che consentono l'ingresso dell'aria sono più piccole rispetto alle aperture di uscita. In condizione opposta la velocità del flusso e l'effetto della circolazione dell'aria risulta attenuato.

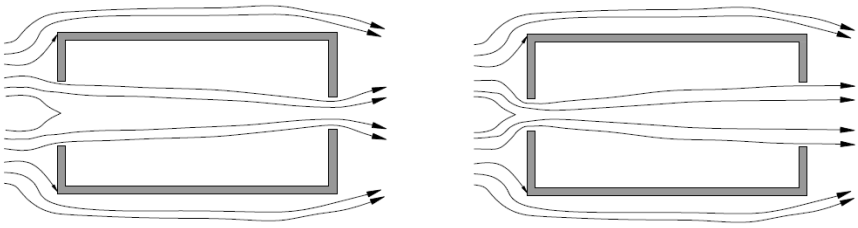


Figura 2: Effetto della dimensione delle aperture di ingresso e uscita dell'aria dovuta all'azione del vento.

- Al fine di ottimizzare la distribuzione dell'aria esterna negli ambienti interni, qualora non vi siano ostacoli ed ostruzioni nei locali, si deve prediligere il posizionamento delle aperture in posizione contrapposta (Figura 3-a);
- se le aperture vengono ubicate nel lato in pressione ed in quello adiaccente, si ottiene una buona aerazione dei locali ma con velocità del flusso ridotte riseptto al caso precedente (Figura 3-c);
- qualora le aperture siano ubicate unicamente nel lato sottovento e nelle pareti adiacenti l'effetto dell'aerazione risulta fortemente attenuato (Figura 3-d);
- la presenza di ostruzioni, dovute a pareti divisorie dei locali o all'arredamento, possono alterare i flussi d'aria e generare dei volumi di ristagno dove non si verifica il ricambio d'aria o dove questo viene fortemente attenuato (Figura 3-f).

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

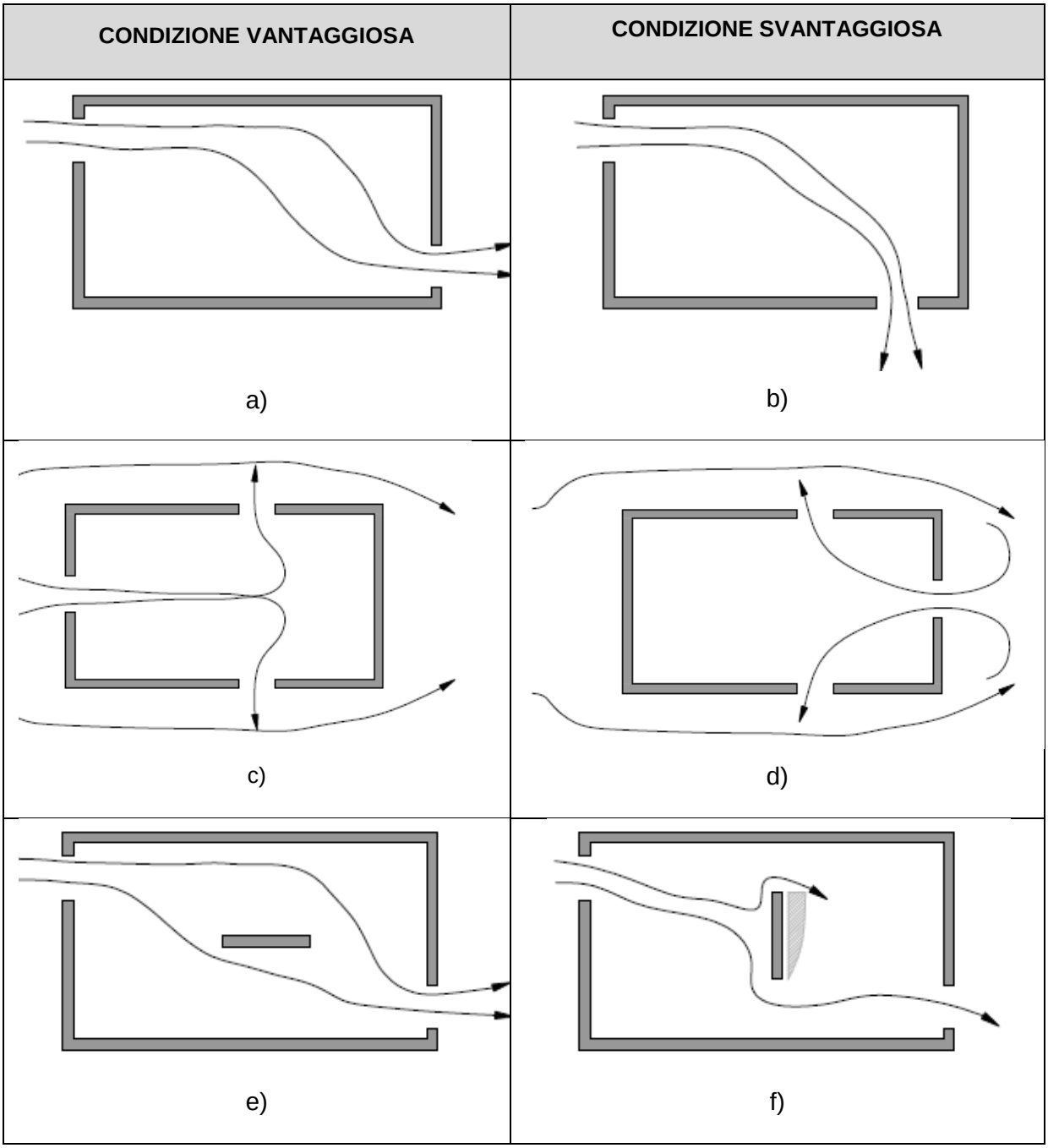
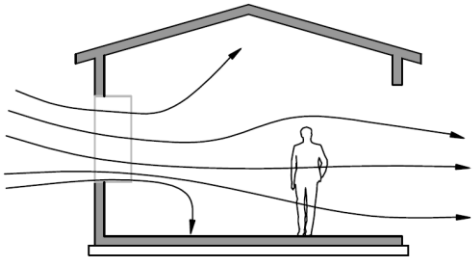


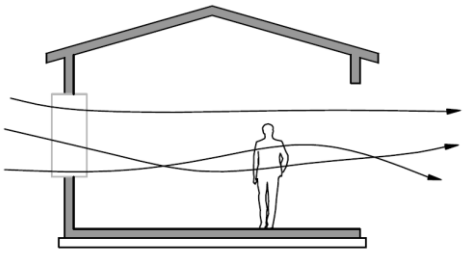
Figura 3: configurazione dei flussi d'aria in relazione alla ubicazione delle aperture ed alla presenza ed orientamento di ostacoli interni.

Un aspetto rilevante, come evidenziato nella seguente figura, soprattutto nei casi di edifici dove non è possibile modificare l'orientamento dell'edificio o la configurazione planimentrica dei locali, è costituito dalla scelta della tipologia di infissi e dalla possibilità di orientare le chiusure per regolare e modulare i flussi d'aria in ingresso, così da ottimizzare la distribuzione dei ricambi d'aria.

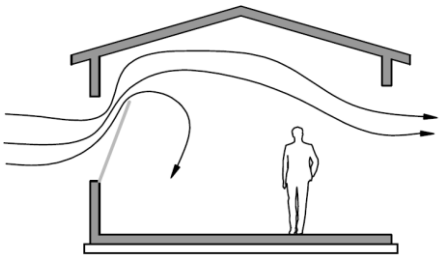
COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03



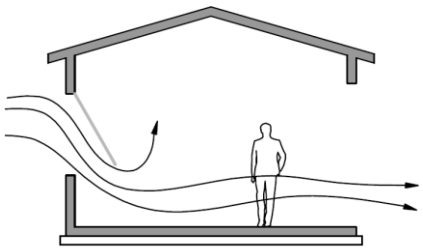
a) apertura a battente con asse verticale



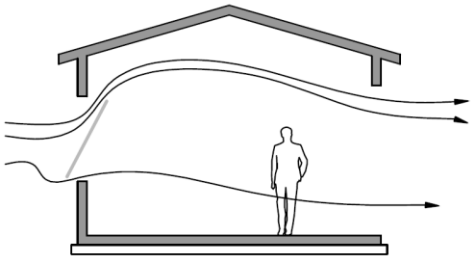
b) apertura a bilico verticale



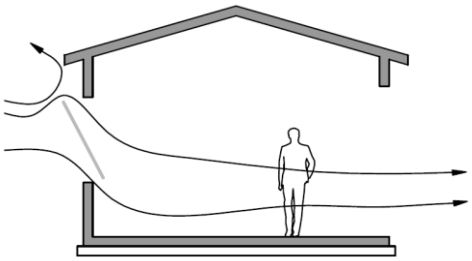
c) apertura a vasistas su asse inferiore



d) apertura a vasistas su asse superiore



e) apertura a bilico orizzonate – posizione verso l'alto



f) apertura a bilico orizzonte – posizione verso il basso

Figura 4: Orientamento del flusso d'aria entrante in relazione all'inclinazione delle aperture degli infissi.

E' possibile calcolare in maniera approssimata la quantità d'aria che attraversa un'apertura in un determinato intervallo di tempo, mediante l'applicazione della seguente formula:

$$W = 4382 \cdot [0{,}425A_f - 0{,}1126{A_f}^2 + 0{,}017\,{A_f}^3] \cdot [0{,}383\left(\frac{t}{60}\right) - 0{,}027\left(\frac{t}{60}\right)^2 + 0{,}0038\left(\frac{t}{60}\right)^3]$$
$$\cdot [3{,}71\left(\frac{\Delta t}{25}\right) - 5{,}27\left(\frac{\Delta t}{25}\right)^2 + 2{,}56\left(\frac{\Delta t}{25}\right)^3]h^{0.5}$$

In cui:

W = volume d'aria che fluisce attraverso l'apertura (m^3);
t = intervallo di tempo di apertura della finestra (min);
A_f = superficie della finestra (m^2);
Δt = gradiente termico tra aria interna ed esterna (°C);
H = altezza della finestra (m).

E' possibile inoltre fare riferimento alla norma UNI EN 15242 e s.m.i. (*Ventilazione degli edifici – metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici*) per il calcolo dell'aria entrante in un ambiente, nel caso di aerazione frontale (apertura su un unico lato dell'edificio). In presenza di aperture su due

prospetti dell'edificio (aerazione passante), si rimanda al sistema adottato nel British Standard BS 5925 (Code of practice for ventilation principles and design for natural ventilation)
Se la portata di rinnovo dell'aria, calcolata dalla UNI 15242 è maggiore di quanto previsto dalla UNI 10339, non è necessario installare un sistema di ventilazione meccanica. Tuttavia questo non assicura il corretto ricambio d'aria in quanto l'aerazione è strettamente legata alle abitudini degli occupanti, oltre che dalla conoscenza sul corretto utilizzo e manutenzione degli impianti di ventilazione.

Infiltrazione

Le intercapedini tra i muri perimetrali e gli infissi esterni, le fessure tra condotte e pavimenti ecc., costituiscono delle aperture accidentali che generano dei flussi d'aria tra l'esterno e gli ambienti interni, che modificano, talvolta in modo sostanziale, il regime di ventilazione progettato per l'edificio.
La permeabilità dell'edificio è intesa come portata d'aria di infiltrazione attraverso l'involucro edilizio ed è valutata per unità di superficie esterna, applicando una differenza di pressione di riferimento. La misurazione viene condotta in uno specifico ambiente, utilizzando degli impianti di ventilazione meccanica di pressurizzazione o depressurizzazione. Attraverso la misurarazione della portata d'aria necessaria per mantenere la differenza di pressione stabilita, e mediante opportuni calcoli, si identifica la portata di infiltrazione.

Ventilazione naturale

La ventilazione naturale si basa sugli stessi principi fluidodinamici esposti nel paragrafo precedente. Tuttavia, si vuole mantenere la distinzione rispetto al concetto di "aerazione", in quanto la ventilazione naturale di un edificio costituisce un sistema che può e dovrebbe essere oggetto di una specifica attività di pianificazione e progettazione.

Questo elemento progettuale, finalizzato all'ottenimento di un buon livello della qualità dell'aria indoor, e più in generale di un elevato comfort abitativo, si può applicare sia nei casi di realizzazione di un nuovo complesso edilizio (o di un nuovo edificio), sia nelle attività di ristrutturazione o riqualificazione di una struttura.

La ventilazione naturale generalmente presenta buone efficienze quando è abbinata ad altre strategie di efficientamento energetico dell'edificio, attraverso il controllo dei processi di incremento/riduzione della temperatura interna, che a loro volta sono una componente essenziale per il design della ventilazione naturale.

Nella selezione e progettazione dei sistemi di ventilazione naturale sono indispensabili le seguenti attività:

- fornire sufficiente aria esterna per diluire gli inquinanti presenti all'interno dei locali e mantenere il comfort termico desiderato;
- ridurre l'ingresso di contaminanti atmosferici provenienti dall'esterno;
- analizzare e controllare la radiazione solare e le variazioni termiche interne;

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

- controllare i flussi d'aria attraverso sistemi accuratamente progettati, effettuando una valutazione approfondita dei flussi d'aria in relazione alle variazioni meteoclimatiche esterne;
- individuare le aree nei quali attuare la sovrapressione/depressurizazione dei locali, al fine di garantire un buon ricircolo dell'aria (es. in ambito residenziale: soggiorno e camere in sovrapressione, cucina e bagni in depressione);
- garantire un comfort acustico soddisfacente (le aperture per la ventilazione naturale costituiscono un percorso preferenziale per la trasmissione del rumore dall'esterno verso l'interno. Inoltre, gli edifici a ventilazione naturale presentano spesso ampie superfici in calcestruzzo, rigide e ad alta densità, che incidono sulla trasmissione del rumore e delle vibrazioni);
- analizzare il percorso dei fumi di combustione in caso di incendio. Il progetto di ventilazione naturale deve essere integrato con i sistemi di sicurezza antincendio;
- prevedere sistemi di sicurezza anti-intrusione: la presenza di numerose aperture nel corpo dell'edificio può ridurre significativamente il livello sicurezza sotto il profilo delle intrusioni nei locali. E' dunque necessario considereare appositi sistemi di vigilanza e allarme.

Al fine di ottimizzare e delineare gli elementi progettuali della ventilazione naturale, è fondamentale riconoscere gli elementi del contesto in cui si opera; in prima analisi occorre identificare i venti dominanti che caratterizzano il sito in esame, attraverso la rappresentazione della direzione prevalente, dell'intensità e frequenza del vento.

Un approccio rigoroso per lo studio della ventilazione dovrebbe considerare tutti gli elementi circostanti che influenzano il fenomeno (orografia, vegetazione, ostacoli, presenza di grandi bacini d'acqua), attraverso l'implementazione di un modello numerico fluido-dinamico del sito.

Tuttavia, questo può generare un problema di elevata complessità, sia per la raccolta dei dati di input e sia per la calibrazione del modello e la sua validazione. E' dunque possibile ricorrere a metodi semplificati, che tengano conto degli elementi geometrici che producono una schermatura del flusso eolico, identificando la variazione delle condizioni fluidodinamiche in prossimità dell'ostacolo (aree sopravento, sotto vento, campo indisturbato).

Nelle figure 5, 6 e 7 sono riportate alcune rappresentazioni schematiche inerenti l'effetto dell'orientamento, della conformazione planimetrica e dell'altezza dell'edificio sul flusso d'aria, in prossimità della struttura stessa.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

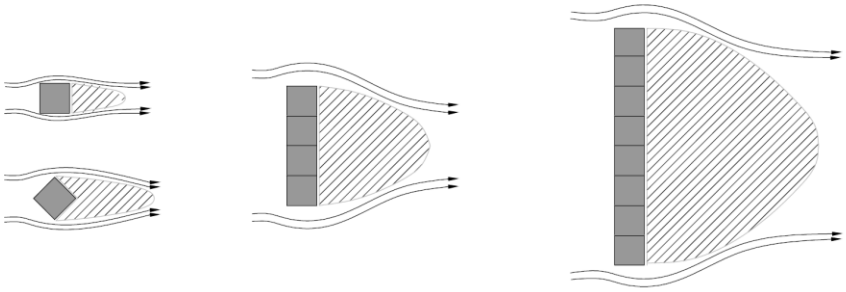


Figura 5: influenza di forma ed orientamento dell'edificio.

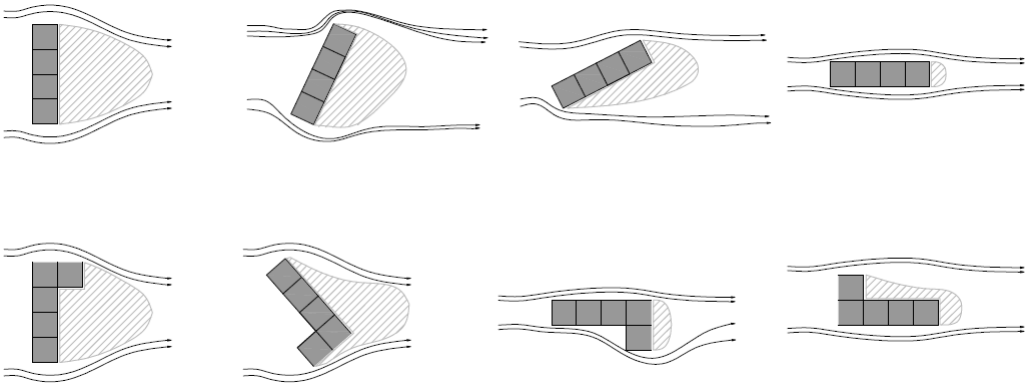


Figura 6: influenza di forma ed orientamento dell'edificio.

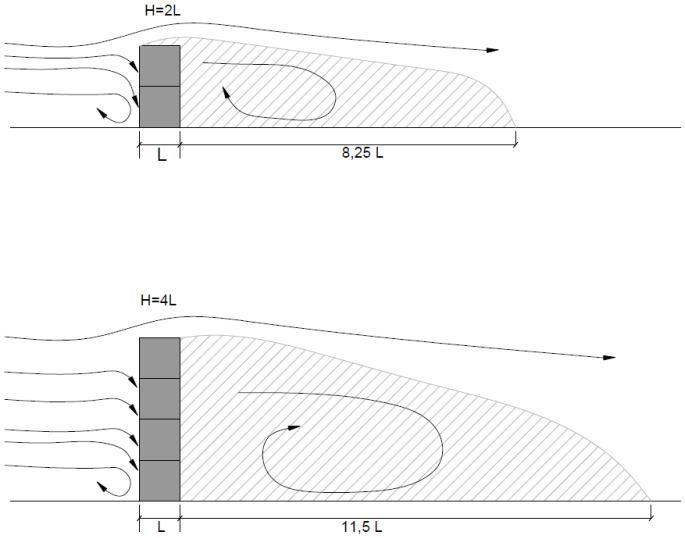


Figura 7: influenza dell'altezza dell'edificio.

Anche la vegetazione svolge un ruolo rilevante in questo contesto; infatti, alberi e cespugli messi a dimora con una definita posizione e geometria, possono essere utilizzati con il duplice scopo di realizzare una

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

schermatura (eolica e solare) e costituire un ostacolo per la deflessione delle correnti d'aria che devono essere indirizzate nel modo più vantaggioso all'interno dei vani.

La ventilazione naturale può attuarsi secondo due meccanismi complementari:

1) Ventilazione indotta dal vento.
2) Ventilazione indotta da moti convettivi (effetto camino).

Ventilazione indotta dal vento

Il vento è caratterizzato da un profilo di velocità, come riportato nella figura 8, con andamento parabolico. La velocità del flusso d'aria decresce con la riduzione della quota e presenta un valore minimo al suolo. Il valore della velocità è definito dalla seguente relazione:

$$v(z) = v\,(z_r)\ \cdot \left(\frac{z}{z_r}\right)^{\alpha}$$

In cui:

z = quota alla quale si intende calcolare la velocità del vento;

z_r = quota di riferimento (es. quota di misurazione del vento di una stazione meteorologica, solitamente pari a 10 m);

α = parametro che dipende dalla scabrezza del suolo.

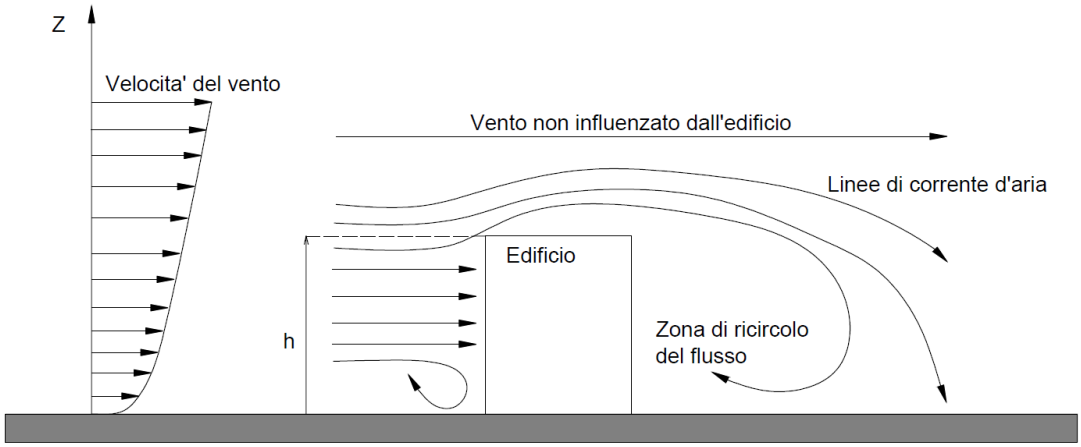


Figura 8: profilo di velocità del vento ed influenza dell'edificio.

La presenza di un ostacolo (es. l'edificio) modifica la corrente alterando le linee di flusso, che vengono deflesse sia verticalmente che sul piano. Si instaurano così delle differenze di pressione tra le superfici sopravento e sottovento, con moti in regime laminare e turbolento.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

La differenza di pressione tra le due zone può essere calcolata attraverso la seguente equazione:

$$\Delta P_v = \frac{1}{2} \cdot Cp \cdot \rho \cdot v^2$$

dove:

ΔP_v= differenza di pressione indotta dal vento tra ambiente interno ed esterno (Pa);

C_p = coefficiente di pressione;

ρ = densità dell'aria (kg/m^3);

v = velocità del vento zona non perturbata (m/s).

La relazione sopra riportata dipende dalle caratteristiche morfologiche dell'edificio.
In condizioni di moto laminare, la portata volumetrica d'aria entrante è direttamente proporzionale alla differenza di pressione indotta dal vento.

Ventilazione indotta da moti convettivi (Effetto camino)

La stratificazione dell'aria a diverse temperature, legata alla differenza di densità, indotta dal gradiente termico tra l'ambiente interno ed esterno di un edificio, determina una variazione di pressione tra strati alti e bassi della colonna d'aria. Questo innesca un flusso d'aria naturale ascendente, da cui il nome di "effetto camino".
Il sistema più semplice per generare l'effetto descritto consiste nella realizzazione di edifici con elementi aventi uno sviluppo verticale (camini di ventilazione, cavedi, vani scala); l'effetto può essere amplificato mediante l'azione solare incidente sulla superficie esterna del canale di uscita dell'aria: l'incremento della temperatura nella parte alta del sistema da luogo ad un incremento della prevalenza e della portata d'aria di ventilazione. Un ulteriore aumento delle portate può essere indotto installando dei ventilatori all'interno dei camini di ventilazione, eventualmente alimentati da impianto fotovoltaico installato sulla copertura.

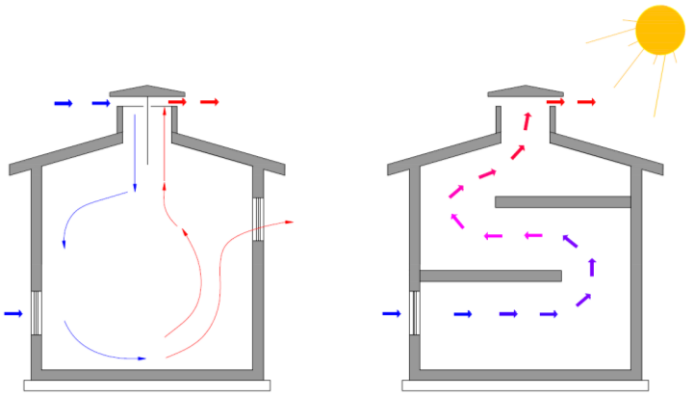


Figura 9: effetto camino.

Considerata una quota di riferimento (z_0), è possibile definire la pressione dell'aria all'altezza z', mediante la seguente relazione:

$$p(z') = p(z_0) - \rho(z') \cdot g \cdot z'$$

In cui:

ρ(z') = densità dell'aria alla quota z';

g = accelerazione di gravità.

Si consideri una colonna d'aria presente all'interno di un edificio, così come rappresentato in figura 10, dove sono riportati gli andamenti della pressione in funzione della quota, per aria esterna ed interna. L'aria interna, più calda rispetto a quella esterna, riporta una densità inferiore e pertanto si registra una variazione più marcata di pressione con la quota.

Definita la quota z_0 come il piano di equilibrio tra le due condizioni di pressione, la differenza di pressione alla quota z' è data dalla seguente relazione:

$$\Delta p(z') = p_i(z') - p_a(z') = (\rho_i - \rho_a) \cdot g \cdot z'$$

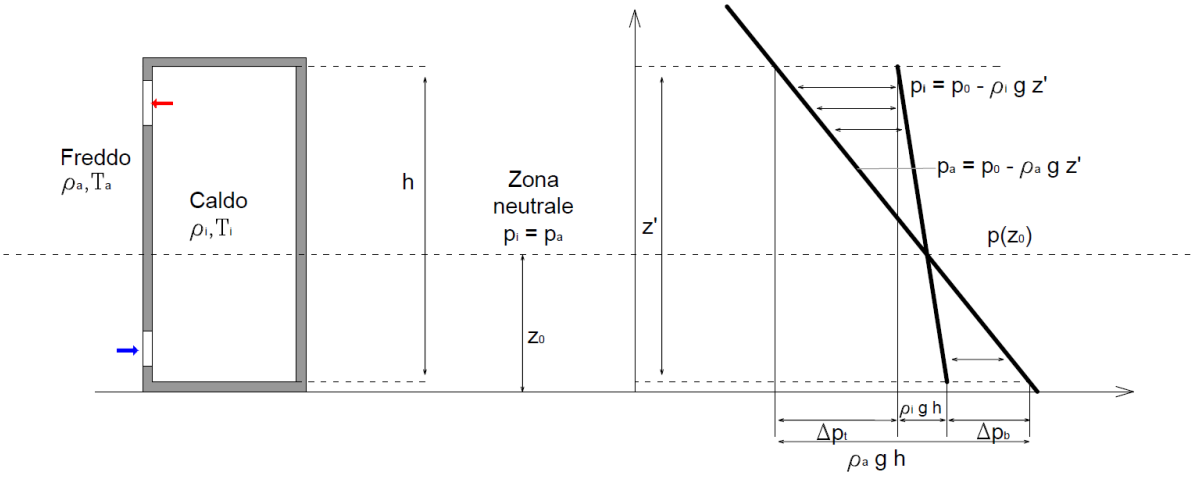


Figura 10: combinazione della ventilazione indotta dal vento e dell'effetto camino mediante torrino di ventilazione.

La relazione precedente può essere riscritta tenendo conto dell'equazione generale dei gas:

$$\Delta p = \frac{p_m \cdot g}{R_s} \cdot h \cdot \left(\frac{1}{T_a} - \frac{1}{T_i}\right)$$

In cui:

p_m = pressione media del luogo;

R_s = costante dei gas per aria secca;

h = altezza della colonna d'aria;

T_a, T_i = temperatura dell'aria esterna (a) e interna (i).

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Dalla relazione precedente si osserva che maggiore è la differenza di temperatura tra aria interna ed esterna, maggiore è il flusso d'aria generato per effetto camino. E' tuttavia evidente che questo fenomeno è legato alla interconnessione tra i diversi livelli dell'edificio.

E' importante valutare l'interazione tra la ventilazione indotta da vento e l'effetto camino, al fine di evitare il richiamo di aria esausta dall'esterno verso l'interno. E' invece possibile combinare le due azioni adottando elementi costruttivi che incrementano la portata d'aria in uscita: i torrini di ventilazione dotati di finestrature con deflettori orientabili, come riportato in figura 11, costituiscono, ad esempio, un sistema di emissione dell'aria, che per effetto Venturi generano una depressione in prossimità del punto di uscita del flusso, incrementando così la portata di estrazione. Al torrino può inoltre essere abbinato un aspiratore, costituito da una girante a lamelle, messa in movimento per effetto stesso del vento e che incrementa il flusso d'aria ascendente.

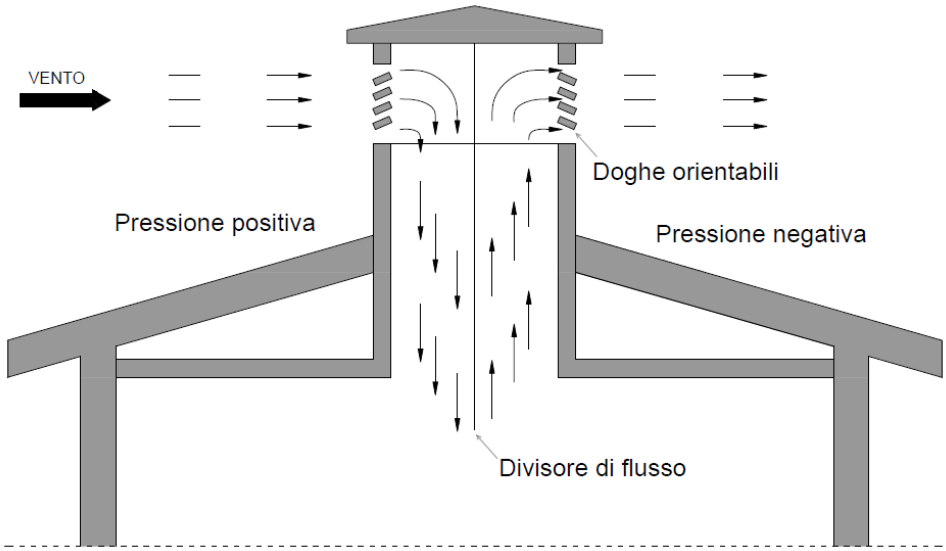


Figura 11: combinazione della ventilazione indotta dal vento e dell'effetto camino mediante torrino di ventilazione.

Dispositivi per la ventilazione naturale

E' possibile ricorrere a dispositivi installati nelle aperture di ingresso o nelle bocche di uscita dell'aria, per regolare le portate dei flussi di ventilazione naturale. Tra i principali dispositivi possono essere considerati:

- Dispositivi di ventilazione per serramenti: effettuano la regolazione della portata entrante attraverso il movimento di una membrana, azionata automaticamente dal vento e alla pressione indotta su di essa. Il dispositivo viene installato sul telaio dell'infisso.
- Dispositivi di immissione igroregolabili: regolano la portata d'aria entrante in relazione al tasso di umidità relativa degli ambienti interni. Quest'ultima varia in base al grado di occupazione del locale. E' dunque possibile mettere in atto la ventilazione naturale selettiva nei locali occupati.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

- Attuatori elettrici per infissi: sono dispositivi installati in finestre e lucernari che aprono o chiudono l'infisso in base ad un programma di temporizzazione o a seguito di input generati da sensori che rilevano le condizioni meteoclimatiche esterne.

Ventilazione meccanica controllata

La ventilazione meccanica controllata (VMC) consente di superare il problema della mancanza di gestione delle portate nella ventilazione naturale, attraverso l'utilizzo di dispositivi (ventilatori[4]) selezionati in relazione ad una progettazione puntuale e specifica del sistema.

Il ricambio d'aria non avviene dunque con l'apertura di infissi esterni, bensì mediante canalizzazioni (condotte di ventilazione) collegate con gli ambienti interni da aspiratori e diffusori.

I sistemi privi di canalizzazioni d'aria consistono in ventilatori di estrazione, installati a parete o a soffitto, ed una o più aperture che permettono l'afflusso d'aria dall'esterno. Al posto di queste ultime possono essere previsti degli aspiratori che, per azione meccanica, determinano l'ingresso controllato di aria dall'esterno.

Esistono inoltre i sistemi di ventilazione canalizzata, utilizzati quando non è possibile installare i ventilatori a parete. In questo caso la circolazione d'aria (in entrata e/o in uscita) avviene con l'ausilio di condotte di aerazione, dimensionate secondo i criteri di progettazione ampiamente conosciuti.

E' possibile distinguere due macro tecnologie di VMC:

1) VMC a semplice flusso;

2) VMC a doppio flusso;

Ventilazione meccanica controllata a semplice flusso

E' un sistema composto da una serie di aspiratori, installati solitamente negli ambienti meno salubri (es. bagni e cucine) dell'edificio, e da aperture regolabili per l'immissione di aria salubre in ambienti nobili (camere e soggiorno). L'aria esausta viene convogliata nella parte sommitale dell'edificio, generalmente sulla copertura.

La circolazione dell'aria, viene assicurata da aperture, presenti sugli infissi interni o sui tramezzi, dotate di griglie e dimensionate affinché non si generino eccesive perdite di carico o che l'aria non raggiunga velocità troppo elevate che inciderebbero negativamente sul comfort abitativo.

[4] Un ventilatore è un dispositivo finalizzato a determinare un movimento d'aria; è costituito da un motore che mette in funzione una girante che genera il flusso d'aria. In base alla tipologia della girante vengono classificati i ventilatori (es. assiali, elicoidali, centrifughi, a flusso misto).

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

VANTAGGI	SVANTAGGI
• Versatilità di posa. • Facilità di installazione. • Possibilità di integrazione con la ventilazione naturale. • Sistema adatto in caso di ristrutturazione edilizia. • Possibilità di ventilazione di tutti i locali. • Rumorosità controllat. • Sistema igroregolabile (estrazione selettiva in base al grado umidità relativa dei locali). • Sistema economico.	• Assenza di sistema di filtrazione. • Assenza di sistema di recupero di calore. • Perdita energetica nella stagione fredda. • Ingresso di aria calda nella stagione estiva.

Ventilazione meccanica controllata a doppio flusso

Un sistema di VMC a doppio flusso gestisce meccanicamente i flussi, di mandata e di ripresa dell'aria indoor. Il sistema di estrazione è analogo a quello descritto nel VMC a semplice flusso. L'immissione è regolata separatamente ed avviene mediante canalizzazioni e bocchette ad essa dedicate. I flussi d'aria sono controllati da un sistema di regolazione e, negli impianti più complessi, possono essere trattati prima dell'immissione (filtrazione, termoregolazione, controllo igrometrico). Possono inoltre essere implementati dei dispositivi per il recupero di calore dall'aria in uscita (scambiatori di calore). La VMC con recupero di calore rappresenta un sistema automatizzato ed efficiente sotto il profilo energetico, che garantisce contestualmente il ricambio dell'aria nei locali ed il trattamento termico dell'aria in ingresso, mantenenendo nel tempo un elevato comfort abitativo.

Nella tabella seguente sono riportati i principali vantaggi e svantaggi dovuti all'utilizzo della tecnica VMC a doppio flusso:

I VANTAGGI	SVANTAGGI
• Filtrazione selettiva. • Controllo accurato delle portate d'aria. • Possibilità di recupero di calore. • Possibiiltà di integrazione con ventilazione naturale. • Adattabilità alla variabilità climatica stagionale. • Controllo dell'umidità interna (riduzione della formazione di muffe). • Possibilità di ventilazione di tutti i locali. • Rumorosità controllata mediante sistemi di insonorizzazione.	• Sistema più complesso da installare. • Richiede una appropriata istruzione dell'utente sull'utilizzo e manutenzione. • Costi superiori rispetto al sistama a semplice flusso.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

2.5 Ventilazione ibrida

I sistemi di ventilazione ibrida (naturale/meccanica) sono più comuni nei grandi edifici. Con questi sistemi viene comunemente utilizzata la ventilazione naturale per la maggior parte dell'anno mentre i sistemi di ventilazione/termoregolazione meccanica vengono attivati durante i picchi termici esterni, o quando la ventilazione naturale non è disponibile. Inoltre, al sistema di ventilazione possono essere integrati dei sensori di pressione che regolano i dispositivi motorizzati per il controllo delle pressioni dell'aria nei diversi locali dell'edificio, al fine di sfruttare la ventilazione naturale dove e quando è necessaria. Questi sistemi di controllo della ventilazione richiedono molta cura nella progettazione e una corretta educazione dell'utente finale, sia per il corretto utilizzo, sia per mettere in atto le procedure di manutenzione.

2.6 Impatto della ventilazione sui consumi energetici

Sebbene l'uso di sistemi di ventilazione naturale e di raffrescamento passivo degli edifici, ottimizzati dalla azione solare e dall'adozione di sistemi di isolamento dell'involucro strutturale, possano dar luogo alla riduzione dei consumi energetici, il ricambio d'aria non controllato può contrastare questo beneficio e indurre, al contrario, un forte incremento dei consumi energetici, a causa delle perdite di calore indotte dal sistema stesso. L'incremento delle portate di ventilazione possono triplicare il consumo energetico e tale aspetto è più marcato nei paesi con climi invernali rigidi (EUR 207 41 EN).

Come mostrato nella figura seguente, vi è una proporzionalità diretta tra le portate di ventilazione ed il dispendio energetico.

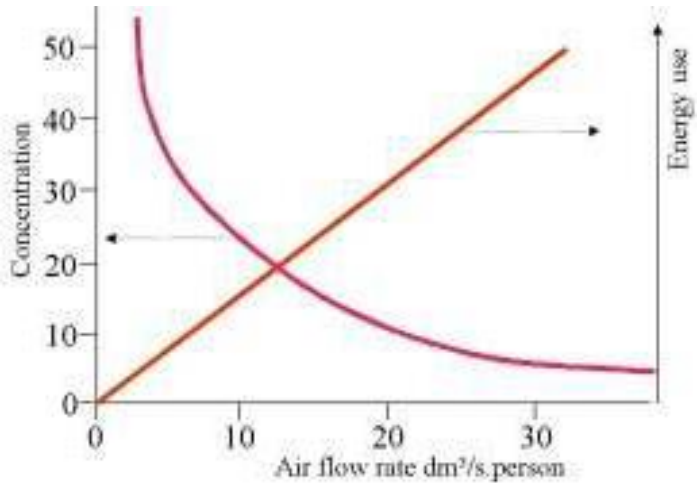


Figura 12: tipico andamento che lega le portate di ventilazione, la concentrazione dei contaminanti indoor e il consumo energetico (EUR 207 41 EN).

Appare evidente la complessità nella definizione di una strategia o metodologia progettuale univoca, che consenta di quantificare, in maniera dettagliata e puntuale, l'interazione tra i molteplici fattori che intercorrono nell'incidenza della ventilazione naturale degli edifici sul regime dei consumi energetici.

Tuttavia, è importante trovare un equilibrio tra la qualità dell'aria, la ventilazione dei locali, il dispendio energetico ed il comfort termico, e applicare, ove possibile, alcune fra le azioni complementari come strategia per il contenimento dei consumi energetici, di seguito riportate:

- attuare misure che riducano l'esposizione ai contaminanti atmosferici outdoor;
- valutare l'esposizione dell'edificio rispetto ai venti dominanti ed alla radiazione solare;
- ridurre i flussi d'aria involontari legati alle infiltrazioni;
- adottare sistemi di ventilazione modulabli in realazione agli andamenti stagionali (primavera-autunno e inverno-estate);
- utilizzare sistemi di ventilazione meccanica controllata con recupero di calore o ibrida.

La ventilazione meccanica controllata è, senza dubbio, il sistema che meglio consente di determinare un controllo accurato della qualità dell'aria indoor. Tuttavia, tale sistema richiede una attenta analisi del bilancio costi/benefici. In tal senso, la letteratura scientifica riconosce il sistema DCV (Demand Controlled Ventilation) tra le tecnologie più efficaci di ventilazione meccanica, in quanto consente di mantenere elevati livelli di qualità dell'aria indoor e contenere i consumi energetici ad essa associati. La tecnologia DCV consiste nell'implementazione di sensori adibiti al rilievo di alcuni parametri considerati degli indicatori della qualità dell'aria indoor. Un esempio tra questi sono i sensori della concentrazione di CO_2 e di umidità relativa, tradizionalmente adottati per in controllo dei sistemi DCV (Guyot et. al., 2017; Borsboom W., 2015): la ventilazione meccanica viene attivata dal sistema quando nell'ambiente si registra un valore del parametro di rifermento al di sopra di un determinato limite.

Studi condotti in Danimarca mostrano che, attraverso l'applicazione dei sistemi DCV basati sul monitoraggio della CO_2, i tempi di attivazione della ventilazione meccanica possono essere ridotti del 37%. Questo da luogo ad un risparmio energetico pari a circa il 35% (Cho et. al., 2015; Nielsen et al. 2010).

Al controllo della CO_2 può essere abbinato il monitoraggio di specifici di contaminati indoor, quale ad esempio la formaldeide. A tal proposito sono stati condotti degli importanti studi in Corea, applicando un sistema DCV, dotato di impianto di ventilazione, filtrazione e recupero di calore, con controllo combinato di CO_2 e formaldeide: il sistema è stato installato in un locale residenziale di 50 m^2 e sono state utilizzate diverse modalità di funzionamento degli impianti di ventilazione e filtrazione. Applicando la DCV con ACH (ricambio d'aria all'ora) pari a 0.9, con funzionalmento discontinuo attivato dai sensori (funzionamento discontinuo), si ottiene un risparmio energetico pari a circa il 20% se confrontato con il sistema di ventilazione in continuo ed ACH pari ad 1.0 (Cho et. al, 2015), e con buone prestazioni anche in termini di qualità dell'aria indoor.

Ulteriori sperimentazioni sono state effettuate impiegando delle speciali membrane per il recupero di calore (MERV - membrane-based energy recovery ventilator). Mediante questa tecnologia, studi condotti in Cina, in regioni caratterizzate da climi caldi con elevati tassi di umidità, dimostrano che è possibile raggiungere un risparmio pari a circa il 58% dell'energia richiesta annualmente per la ventilazione ed il raffrescamento dell'aria indoor (Zang et. al, 2001).

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

2.7 La riduzione della concentrazione di Radon indoor

Come ampiamente esposto nelle Linee di Indirizzo, il radon costituisce uno dei principali contaminanti dell'aria indoor e come tale ha un forte impatto sulla salute umana.

E' dunque fondamentale mettere in atto le strategie per la riduzione delle concentrazioni di tale contaminate, sia nei casi di realizzazione di nuovi edifici (misure di prevenzione), sia nel caso di edifici esistenti (interventi di risanamento).

E' opportuno, in primo luogo, conoscere i meccanismi che determinano la presenza del radon nell'edificio. La principale fonte di radon è costituita dal suolo su cui si trova la struttura: le caratteristiche geo-litologiche (tipologia di formazioni geologiche, caratteristiche tessiturali, ecc.) del terreno di fondazione danno luogo alla formazione di gas radon.

A causa dell'azione vento (differenza di pressione – vedasi paragrafo "Ventilazione indotta dal vento" del presente Allegato) e/o per effetto di moti convettivi (effetto camino – vedasi paragrafo "Ventilazione indotta da moti convettivi" del presente Allegato), viene indotto un flusso ascendente, che può permeare attraverso le superfici di interfaccia tra suolo ed involucro dell'edificio. Questo processo può essere amplificato in presenza di punti di infiltrazione (es. aperture per il passaggio tubazioni, giunti tra solai e pareti, pozzetti di ispezione e vani tecnici, ecc.), o di sistemi di aspirazione (es. cappe di cucina, camini) con scarsa presa d'aria esterna.

E' opportuno, in primo luogo, sigillare le intercapedini tra le canalizzazioni dei servizi e tutte le discontinuità strutturali (riprese di getto, connessioni tra pareti verticali e solaio, crepe) utilizzando specifici prodotti. La tecnica, sebbene a basso costo e di buona efficacia, risente della difficoltà nella localizzazione delle vie di ingresso dell'aria ricca di radon. Può essere intesa come misura da adottare in concomitanza con altre tipologie di intervento.

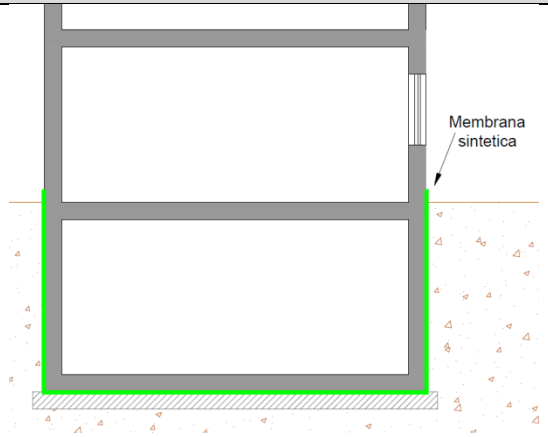
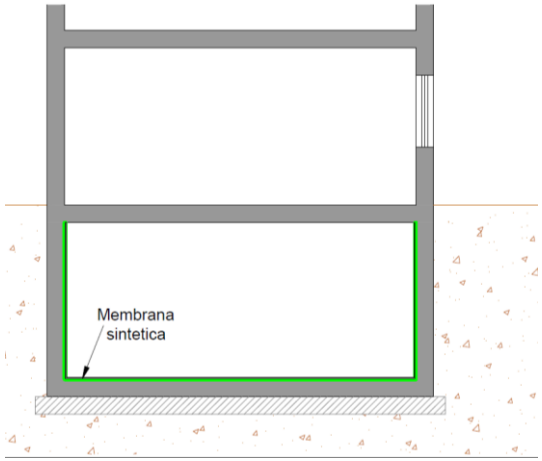
Le tecniche di risanamento/prevenzione possono essere di tipo passivo e attivo. Queste ultime si distinguono dalle prime per l'utilizzo di dispositivi di ventilazione che richiedono l'alimentazione elettrica.

- <u>Tecniche passive</u>**:**
    - Sigillatura di fessure ed intercapedini
    - Isolamento della struttura
    - Ventilazione naturale del locale interrato/semintarrato
    - Ventilazione naturale del vespaio o del terreno sotto la soletta controterra
- <u>Tecniche attive</u>**:**
    - Pressurizzazione/depressurizzazione del suolo/vespaio
    - Ventilazione meccanica dei locali (pressurizzazione dell'intero edificio)

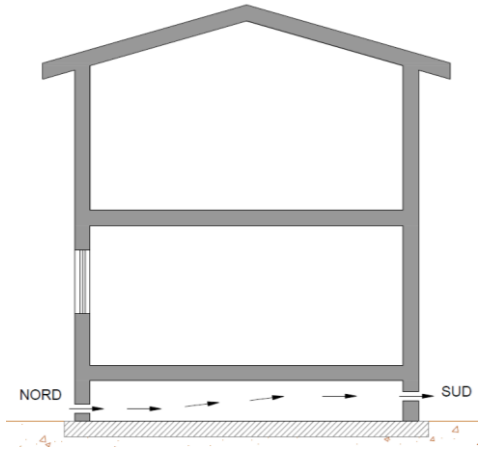
Di seguito sono riportate le schede di approfondimento di alcune delle suddette tecniche.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

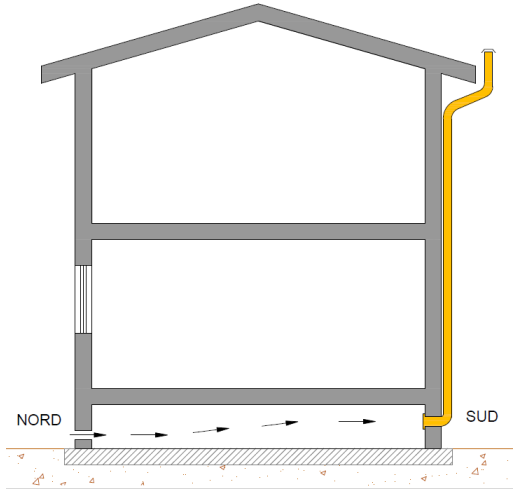
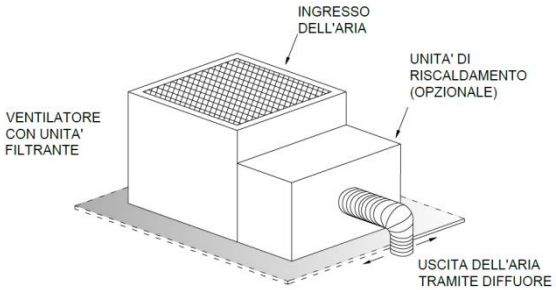
COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Descrizione	Ambito di applicazione	Immagine
Isolamento esterno dell'involucro mediante barriere sintetiche radon impermeabili Mediante l'applicazione di membrane sintetiche nell'interfaccia suolo/edificio, è possibile isolare l'intera superficie di attacco a terra dello stabile. Nell'applicazione a pavimento, la membrana deve essere posizionata tra la superficie superiore del vespaio ed il massetto sul quale successivamente viene posata la pavimentazione. La membrana deve essere inoltre risvoltata sulle pareti verticali prossime al solaio, per tutta la lunghezza contro terra (ambienti seminterrati – interrati). Nella fase di stesa della membrana è necessario che il piano di posa sia privo di asperità ed inoltre deve essere garantita la continuità di impermeabilizzazione al gas nelle giunzioni, mediante termosaldatura eseguita a regola d'arte. Come per tutti i materiali da costruzione, è importante analizzare le caratteristiche prestazionali delle membrane riportate nelle schede tecniche. Oltre alle resistenze a trazione, allungamento e resistenza al punzonamento statico (resistenza alle sollecitazioni meccaniche), è necessario valutare la permeabilità al gas radon (volume di gas che può attraversare l'unita di superficie sottoposta ad una differenza di pressione pari ad una atmosfera, in un intervallo di tempo pari a 24 ore ($cm^3/(m^2 \cdot 24h \cdot atm)$). Qualora si valuti che la sola protezione effettuata dalla membrana non sia sufficiente, è necessario adottare le tecniche di allontanamento del gas mediante ventilazione, ad integrazione delle misure di isolamento.	☑ Nuovo complesso edilizio ☑ Nuova costruzione ☑ Edificio esistente	 Nuova costruzione  Edificio esistente

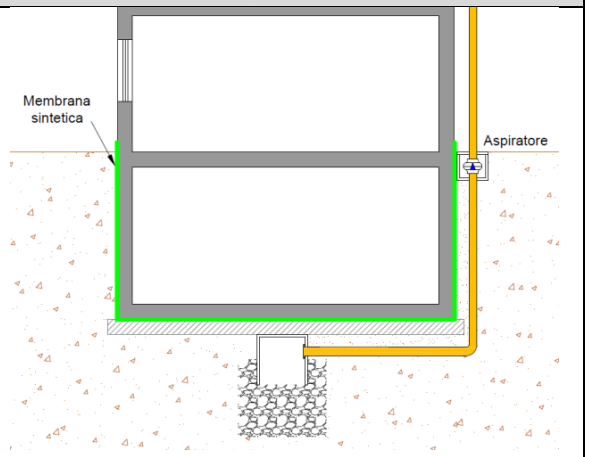
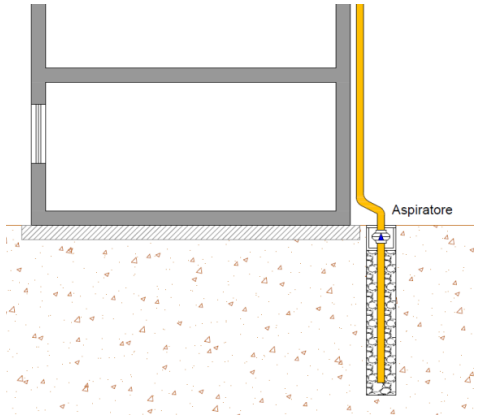
COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Descrizione	Ambito di applicazione	Immagine
Isolamento esterno dell'involucro mediante pannelli in vetro cellulare I pannelli costituiti da vetro cellulare consentono di isolare le superfici dell'edificio a contatto con il suolo: si ottiene la contestuale riduzione dell'ingresso del gas radon proveniente dal terreno, l'isolamento termico e l'impermeabilizzazione all'acqua di pareti e pavimenti. Questo materiale può essere utilizzato nelle nuove costruzioni, disponendo le lastre, debitamente giuntate lungo i bordi, sul piano di posa costituito da terreno o da un magrone livellato. Le lastre in vetro cellulare possono essere applicate anche sulle superfici esterne dei muri controterra. Nel caso di edifici esistenti, il materiale in esame può essere impiegato internamente come sistema isolante.	☑ Nuovo complesso edilizio ☑ Nuova costruzione ☑ Edificio esistente	
Ventilazione del vano tecnico (fuori terra o seminterrato) o vuoto sanitario fuori terra. *Ventilazione naturale* In presenza di un vano tecnico o di un vuoto sanitario (vespaio i cui vuoti sono sufficientemente intercomunicanti, realizzato, ad esempio, mediante casseri a perdere in materiale polimerico, ideali per la costituzione di vespai ventilati) è possibile creare delle aperture fuori terra sui muri perimetrali dell'edificio, possibilmente sulle superfici esposte a nord (apertura di ingresso) e a sud (apertura di uscita), per generare un flusso d'aria per effetto di moti convettivi naturali. La circolazione d'aria può essere incrementata canalizzando il flusso di uscita verso il tetto dell'edificio, eventualmente installando un aspiratore girevole in sommità per incrementare l'effetto di aspirazione.	☑ Nuovo complesso edilizio ☑ Nuova costruzione ☑ Edificio esistente	

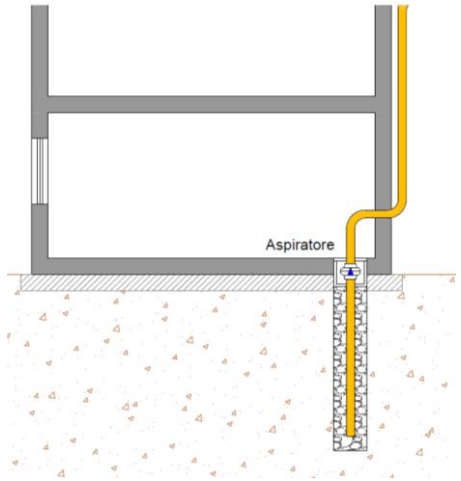
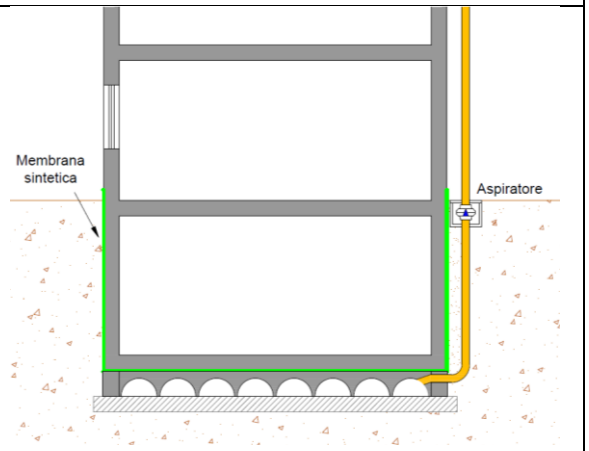
COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Descrizione	Ambito di applicazione	Immagine
Nel caso di nuova costruzione è possibile prevedere la canalizzazione all'interno del corpo murario, al fine di minimizzare le interferenze con gli ambienti interni. *Ventilazione meccanica* Qualora la ventilazione naturale non sia sufficiente è possibile installare un ventilatore aspirante, posizionato all'interno del corpo murario o all'esterno dell'edificio. In questo è necessario chiudere qualsiasi comunicazione con l'esterno tale da creare una depressurizzazione del vespaioo o del vano tecnico. Viceversa, è possibile insufflare aria e generare una pressurizzazione del vespaio, o del vano tecnico, impedendo all'aria ricca di radon di penetrare all'interno dell'edificio.	☑ Nuovo complesso edilizio ☑ Nuova costruzione ☑ Edificio esistente	
Pressurizzazione dell'intero edificio E' possibile contrastare l'ingresso del radon provveniente dal suolo applicando una debole sovrapressione (circa 2 Pa) mediante l'installazione di un ventilatore premente di poche decine di watt, eventualmente dotato di unità di riscaldamento dell'aria di mandata. E' necessario localizzare con cura il punto di installazione del dispositivo, al fine di dar luogo ad una distribuzione quanto più uniforme dell'aria immessa ed evitare l'inquinamento acustico degli ambienti. Il sistema può essere dotato di temporizzatore per la modulazione del tempo di esercizio ed il controllo dei consumi energetici. E' possibile ottenere lo stesso effetto descritto mediante un impianto di ventilazione meccanica controllata, eventualmente dotata di recupero di calore, che, tramite un sistema di canali di aspirazione ed immissione d'aria, consente di agire unifomemente su tutto l'edificio.	☑ Nuovo complesso edilizio ☑ Nuova costruzione ☑ Edificio esistente	

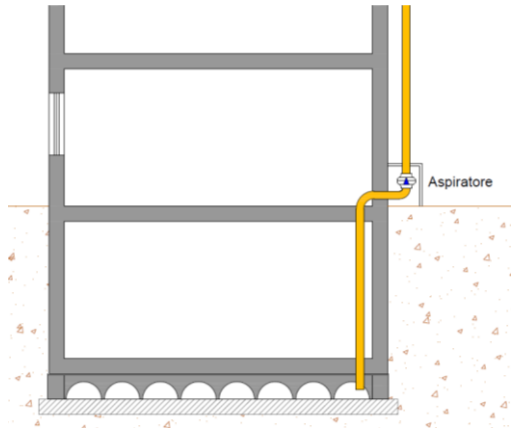
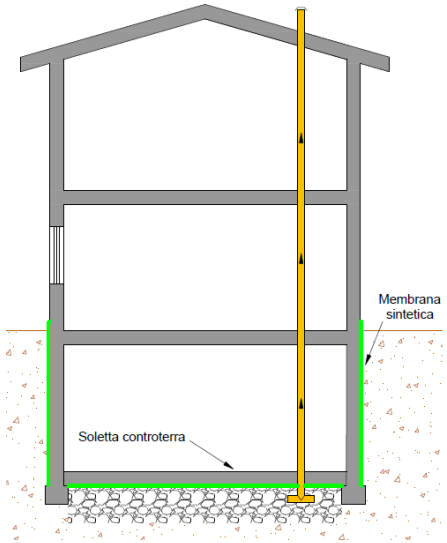
COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Descrizione	Ambito di applicazione	Immagine
Depressurizzazione del terreno di fondazione – pozzo radon In fase costruttiva è possibile realizzare, al di sotto del getto del magrone o della platea di fondazione, un pozzetto di captazione del radon presente nel terreno. Questo è costituito da un vano, usualmente in calcestruzzo prefabbricato, con lato inferiore aperto e poggiante su un nucleo drenante di ghiaia grossolana. Il pozzetto è collegato, mediante canalizzazione, ad un secondo pozzetto collocato in prossimità dell'edificio e ubicato poco sotto il piano campagna, in cui è alloggiato il ventilatore aspirante alimentato elettricamente. Il radon captato viene dunque liberato in atmosfera, avendo cura di posizionare la bocca di emissione lontano dai prospetti dell'edificio o dagli edifici limitrofi, al fine di evitare l'immissione del contaminante dagli infissi esterni. La soluzione ottimale consiste nella canalizzazione del gas fino alla quota di gronda dello stabile, dove viene più facilmente disperso. La tecnica sopra descritta può essere applicata per edifici con locali interrati, avendo cura di dimensionare correttamente il sistema di aspirazione (ventilatore e canalizzazione) ed effettuare l'isolamento esterno delle superfici verticali controterra.	☑ Nuovo complesso edilizio ☑ Nuova costruzione ☐ Edificio esistente	
Per il risanamento di edifici esistenti è possibile realizzare un corpo drenante perimetrale, effettuando uno scavo in verticale o una trincea drenante, costituita da un nucleo in ghiaia grossolana, adeguatamente protetto mediante avvolgimento con tessuto filtrante per evitare l'intasamento del corpo centrale, in cui è alloggiata una condotta di captazione. In sommità deve essere installato un ventilatore aspirante, eventualmente ubicato in un pozzetto ispezionabile, a sua volta collegato alla tubazione di mandata per il conferimento del gas alla quota di progetto.	☐ Nuovo complesso edilizio ☐ Nuova costruzione ☑ Edificio esistente	

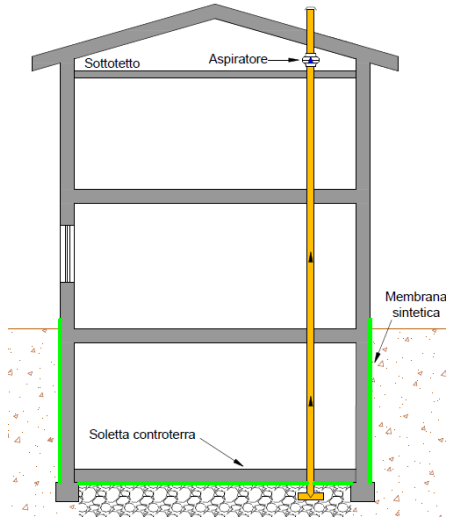
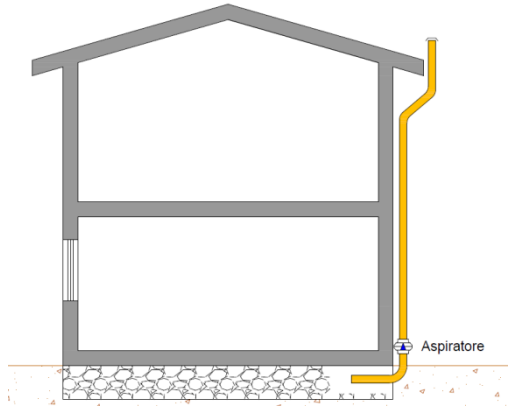
COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Descrizione	Ambito di applicazione	Immagine
Il corpo drenante può essere ubicato anche al di sotto della superficie della pavimentazione. Tuttavia questo comporta delle opere di demolizione e ricostruzione il più delle volte non desiderate. L'efficacia del sistema e l'area di influenza del pozzo sono strettamente legate alla permeabilità del terreno, alla profondità del pozzo ed alla potenza di estrazione del ventilatore: un singolo pozzo, realizzato al di sotto dell'edificio, in un suolo con buona perbeabilità, dotato di un aspiratore di circa 80 watt, può avere effetto su un'area di circa 300 m^2 con centro sul pozzo (raggio di azione pari a 10 metri).	☐ Nuovo complesso edilizio ☐ Nuova costruzione ☑ Edificio esistente	
Depressurizzazione del vespaio La tecnica descritta in precedenza può essere adottata in maniera analoga per la captazione del gas radon presente nel vespaio, qualora quest'ultimo sia stato realizzato in modo tale che i vuoti in esso presenti siano sufficientemente intercomunicanti. Per gli edifici di nuova costruzione, la condotta di captazione può essere ubicata nella parte esterna dell'edificio o disposta all'interno del corpo murario.	☑ Nuovo complesso edilizio ☑ Nuova costruzione ☐ Edificio esistente	

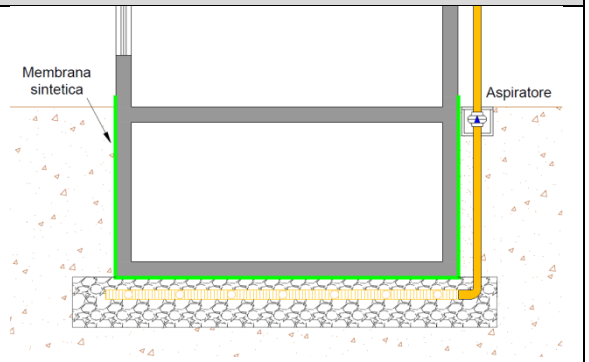
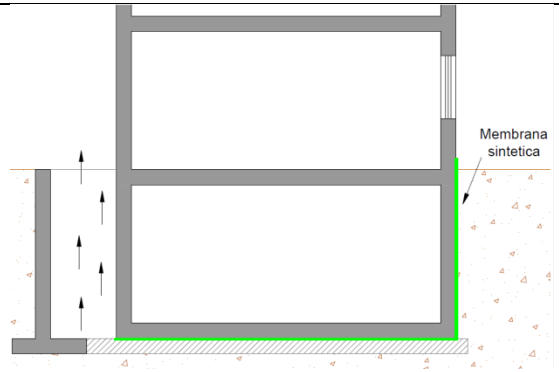
COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Descrizione	Ambito di applicazione	Immagine
Negli interventi di risanamento di edifici esistenti, la canalizzazione di aspirazione dovrà essere necessariamente installata all'interno dei locali.	☐ Nuovo complesso edilizio ☐ Nuova costruzione ☑ Edificio esistente	
Depressurizzazione sotto soletta controterra *Sistema passivo* La tecnica in esame prevede la captazione dell'aria ricca di gas radon, presente negli strati di terreno a contatto con l'edificio, da un punto/area di assorbimento, ubicato al di sotto della soletta controterra, e l'aspirazione del gas tramite una condotta che canalizza il flusso alla quota di copertura dell'edificio. In relazione alle caratteristiche di permeabilità del terreno, la captazione del gas può essere localizzata in un unico punto o essere distribuita su una superficie più ampia, mediante l'impiego di tubi fessurati o geocompositi drenanti disposti ad anello e posizionati sotto la soletta. Il flusso d'aria ascendente si instaura principalemnte per effetto camino, indotto dal gradiente termico tra l'ambiente interno dell'edificio e l'esterno.	☑ Nuovo complesso edilizio ☑ Nuova costruzione ☐ Edificio esistente	

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Descrizione	Ambito di applicazione	Immagine
Sistema attivo Qualora il sistema passivo non sia sufficiente a garantire l'estrazione dell'aria ricca di radon, è possibile installare un ventilatore aspirante nella parte terminale della condotta, avendo cura di posizionarlo in un locale non abitato (es. sottotetto). Un unico punto di aspirazione con dispositivo di aspirazione di circa 100 watt, può avere un'area di influenza di circa 120 m^2.	☑ Nuovo complesso edilizio ☑ Nuova costruzione ☐ Edificio esistente	
Per gli edifici esistenti è possibile installare il sistema in prossimità di un muro perimetrale e disporre la condotta di aspirazione, eventualmente corredata di ventilatore, lungo la facciata esterna dell'edificio. In questo caso sarà necessario verificare il corretto funzionamento del sistema durante i periodi invernali, in quanto le basse temperature limitano fortemente l'aspirazione naturale del gas.	☐ Nuovo complesso edilizio ☐ Nuova costruzione ☑ Edificio esistente	

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Descrizione	Ambito di applicazione	Immagine
Aspirazione meccanica dal sistema di condotte di drenaggio dell'acqua In taluni casi è necessario prevedere un efficiente sistema di drenaggio delle acque di falda o prevenire la risalita di acqua interstiziale per la presenza di acquiferi sotterranei superficiali. Si ricorre, pertanto, alla realizzazione di un sistema drenante costituito da corpo in materiale inerte di pezzatura grossolana nel quale viene alloggiato un tubo fessurato, installato per formare una serpentina che copra in maniera omogenea tutta la superficie orizzontale di attacco a terra. Il sistema drenante viene portato in depressione attraverso un impianto di aspirazione, in modo analogo a quanto descritto in precedenza.	☑ Nuovo complesso edilizio ☑ Nuova costruzione ☐ Edificio esistente	
Parete ventilata Una tecnica che assume un carattere più propriamente preventivo nei confronti dell'ingresso del radon e delle infiltrazioni di umidità negli edifici, consiste nalla realizzazione di un vano di aerazione, tra edificio e terreno. Questo consente la libera circolazione dell'aria lungo il perimetro esterno dell'edificio. E' necessario tuttavia avere cura nella regimentazione delle acque meteoriche, al fine di evitare ristagni d'acqua, e realizzare un buon sistema di impermeabilizzazione e drenaggio a tergo del muro di contenimento del terreno.	☑ Nuovo complesso edilizio ☑ Nuova costruzione ☐ Edificio esistente	

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Efficienza delle tecniche di risanamento in edifici esistenti

Al fine di fornire alcuni elementi indicativi per una valutazione preliminare degli interventi di risanamento da attuare su edifici esistenti, il diagramma seguente riporta la probabilità di efficacia di alcune tecniche descritte in precedenza in relazione alle concentrazioni medie di attività del radon indoor.

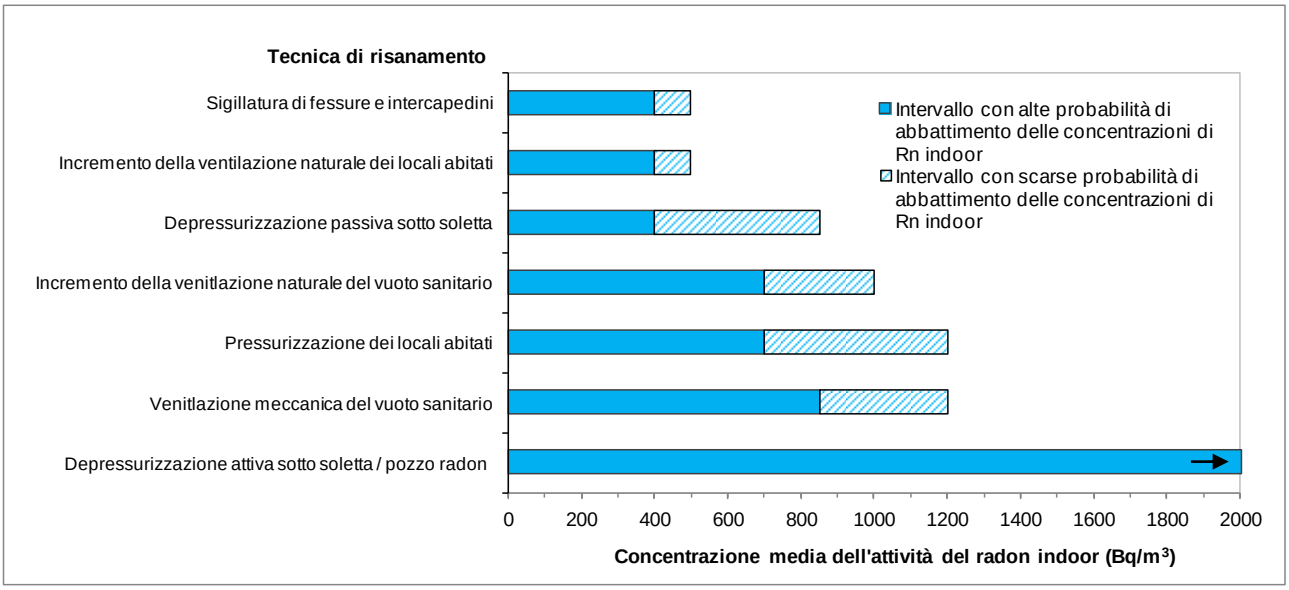


Figura 13: probabilità di efficacia delle tecniche di risanamento di edifici esistenti.
(Fonti: Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK) "*Assessment of current techniques used for reduction of indoor radon concentration in existing and new houses in European countries"* O. Holmgren and H. Arvela – 2012*; "A BRE guide to radon remedial measures in existing dwellings – Dwelling with cellars and basement". C.R. Scivyer and M.P.R. Jaggs,* 1998 – IHS BRE Press).

La sigillatura delle fessure presenti nel pavimento e nei muri dell'edificio a contatto con il terreno, può essere sufficiente per risanare edifici in cui si misurano livelli di contaminazione da radon inferiori a 400-500 Bq/m^3. Le efficienze di riduzione delle concentrazioni si attestano mediamente tra il 10 e 60%.

L'incremento della ventilazione naturale dei locali abitati, che costituisce una misura strettamente di carattere gestionale, può essere applicata per livelli di contaminazione fino a 400-500 Bq/m^3. In ambito Europeo si registrano efficienze di abbattimento delle concentrazioni di radon comprese tra il 10 e 50%, con efficacia poco persistente ed un effetto che si esplicita unicamente nei locali dove viene applicata la ventilazione naturale.

L'incremento della ventilazione naturale del vuoto sanitario (vespaio aerato), ottenuta ad esempio mediante la realizzazione di nuove aperture verso l'esterno e/o la sostituzione/pulizia/ampliamento delle aperture già esistenti, rappresenta una tecnica con buone efficienze di risanamento, mediamente comprese tra il 40 e 60% (media europea), e con buone probabilità di successo fino a concentrazioni pari a 700 Bq/m^3. Qualora la ventilazione naturale del vespaio non sia sufficiente è possibile, come descritto in precedenza, installare dei dispositivi di ventilazione meccanica collegati alle bocchette di estrazione ed occludere le restanti aperture, così da generare la depressurizzazione del vespaio. In questo modo si possono avere buone probabilità di risanamento per concentrazioni iniziali fino a 800 Bq/m^3.

L'applicazione di una leggera sovrappressione all'interno dei locali abitati, costituisce un ostacolo all'ingresso del gas radon proveniente dal suolo. In presenza di un edificio con un'adeguata tenuta all'aria, tale da garantire l'uniformità della sovrappressione all'interno degli ambienti, si ottengono buone efficienze di trattamento, mediamente comprese tra il 40 e 80%. Tale tipologia di soluzione produce buoni risultati fino a concentrazioni pari a 700 Bq/m^3.

Le tecniche di risanamento, certamente più efficaci, sono quelle appartenenti alla classe degli interventi di *depressurizzazione attiva del suolo* (*ASD: active soil depressurization*) tra i quali rientrano le tecniche di "*depressurizzazione attiva sotto soletta*" ed il "*pozzo radon*". Questa tipologia di interventi è caratterizzata da elevate efficienze di risanamento, attestanti fino al 90%, e costituiscono una misura molto efficace per livelli di radon particolarmente elevati (anche oltre 2000 Bq/m^3).

Tipologia di interventi di risanamento	Efficienze di risanamento	
	Europa (1)	**Italia** (2)
Sigillatura di fessure e intercapedini	10 - 60 %	10 - 60 %
Incremento della ventilazione naturale dei locali abitati	10 - 50 %	*Discreta*
Incremento della ventilazione del vano tecnico/vuoto sanitario	40 - 60 %	60 - 90 %
Pressurizzazione dei locali abitati	40 - 80 %	40 - 80 %
Depressurizzazione passiva sotto soletta	20 - 50 %	-
Depressurizzazione attiva sotto soletta	70 - 95 %	70 - 85 %
Pozzo radon	80 - 90 %	70 - 95 %

(1) Fonte: Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK) "*Assessment of current techniques used for reduction of indoor radon concentration in existing and new houses in European countries"* O. Holmgren and H. Arvela – 2012.
(2) *Fonte:* ARPA Toscana *"Tecniche di mitigazione per ridurre la concentrazione di radon" – 2014.*

Efficienza delle tecniche di prevenzione per gli edifici di nuova costruzione

Per quanto concerne le misure di prevenzione del rischio radon per gli edifici di nuova costruzione, gli interventi sono generalmente finalizzati alla riduzione delle infiltrazioni del gas favorite dalle differenze di pressione tra il suolo e l'ambiente indoor. I sistemi di pressurizzazione del suolo (attivi e passivi) sono i metodi più comunemente utilizzati nella maggior parte dei paesi europei. Nella tabella seguente sono riportate le efficienze medie di riduzione delle concentrazioni dell'attività del radon secondo talune tecniche di prevenzione adottate:

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Tecnica di prevenzione	Efficienza
Depressurizzazione passiva sotto soletta	20 – 50 %
Depressurizzazione attiva sotto soletta	*70 – 95 %*
Isolamento mediante membrana impermeabile al radon	*30 – 70 %*
Sigillatura con membrane del giunto tra soletta e muro di fondazione	*10 – 90 %*
Sigillatura degli interstizi tra condotte e pareti/pavimenti a contatto con il suolo	*10 – 90 %*

Fonte: Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK) *"Assessment of current techniques used for reduction of indoor radon concentration in existing and new houses in European countries"* O. Holmgren and H. Arvela – 2012.

La depressurizzazione del suolo sotto soletta riduce la concentrazione dell'attività del radon mediamente del 20 – 50% rispetto alla situazione in cui il sistema di ventilazione naturale sia reso inattivo (chiusura delle bocche di estrazione dell'aria ricca di radon).

I sistemi attivi di depressurizzazione del suolo sono metodi di prevenzione più efficienti, con tipici fattori di riduzione del 70 – 95 %.

Per quanto concerne le misure che prevedono l'isolamento dell'involucro, le barriere resistenti al radon riducono la concentrazione di tale contaminante in media del 50%. In merito all'effetto dei metodi basati sulla sigillatura delle discontinuità strutturali, i dati di ricerca sono carenti pertanto si riscontra un'ampia gamma di valori di efficienza.

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

COMUNE DI AUSTIS - arrivo - Prot. 5160/PROTO del 02/12/2024 - titolo XV - classe 03

Bibliografia

- ARPA Friuli Venezia Giulia "Indicazioni e proposte per la protezione degli edifici dal Radon" – 2009.
- ARPA Toscana – "Tecniche di mitigazione per ridurre la concentrazione di radon" – 2014.
- ARPA Veneto – "Rapporto sul problema dell'inquinamento da gas radon nelle abitazioni" – 2002.
- ASHRAE 62-1:2010. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.
- Borsboom, W., 2015. Quality and compliance on building ventilation and airtightness in the Dutch context.
- Borsboom, W., 2015. Quality and compliance on building ventilation and airtightness in the Dutch context.
- British Standard BS 5925 (Code of practice for ventilation principles and design for natural ventilation.
- Building Research Establishment (BRE) - 1998 – IHS BRE Press "A BRE guide to radon remedial measures in existing dwellings – Dwelling with cellars and basement" C.R. Scivyer and M.P.R. Jaggs.
- D.Lgs. n. 155/2010 Attuazione della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.
- Darby et al., 2005, 2006 2005. Radon in homes and lung cancer risk: collaborative analysis of, individual data from 13 European case-control studies. Br. Med. J. 330, 223 e 226.
- EUR 207 41 EN. European Collaborative Action. Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure. Report n. 23 – Ventilazione, good Indoor Air Quality and Rational Use of Energy).
- Gaëlle Guyot , Max H. Sherman , Iain S. Walker , Smart ventilation energy and indoor air quality performance in residential buildings: a review, Energy & Buildings (2017), doi: 10.1016/j.enbuild.2017.12.051.
- L.Z. Zhang, J.L. Niu, Energy requirements for conditioning fresh air and thelongterm savings with a membrane-based energy recovery ventilator in HongKong, Energy 26 (2001) 119–13.
- Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK), 2012. Safety Authority Assessment of current techniques used for reduction of indoor radon concentration in existing and new houses in European countries" O. Holmgren and H. Arvela.
- T.R. Nielsen, C. Drivsholm, Energy efficient demand controlled ventilation insingle family houses, Energy Build. 42 (11) (2010) 1995–1998.
- UNI 10339: 1995 – "Impianti aeraulici ai fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura".
- UNI 11235: Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde.
- UNI EN 13779:2008 - "Ventilazione per ambienti non residenziali. Prestazioni richieste per i sistemi di ventilazione e condizionamento dei locali".
- UNI EN 15251: 2008 – "Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica".
- UNI EN 15665:2009 – "Ventilazione degli edifici - Determinazione dei criteri di prestazione per i sistemi di ventilazione residenziali".
- UNI EN 16798-3:2018 – "Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 3: Per gli edifici non residenziali - Requisiti prestazionali per i sistemi di ventilazione e di condizionamento degli ambienti (Moduli M5-1, M5-4)".
- Wanghee Cho, Doosam Song, Seokho Hwang, Sungmin Yun. Energy-efficient ventilation with air-cleaning mode and demandcontrol in a multi-residential building. Energy and Buildings 90 (2015) 6–14.