



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Allegato alla Delib.G.R. n. 27/31 del 10.8.2023

PIANO REGIONALE DELLA PREVENZIONE 2020-2025

adottato con la Delib.G.R. n. 50/46 del 28 dicembre 2021

Programma Predefinito PP9 “Ambiente, clima e salute”

Azione per “Buone pratiche su obiettivi prestazionali sanitari e ambientali integrati per costruzioni/ristrutturazioni di edifici e relativi interventi di formazione specifica”

**Documento regionale di
“Buone pratiche su obiettivi prestazionali sanitari e
ambientali integrati per costruzioni/ristrutturazioni di
edifici”**

Maggio 2023



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Indice

1. PREMESSA	4
2. INTRODUZIONE	6
2.1 L'ambiente di vita come determinante di salute	6
2.2 Buone pratiche in edilizia	9
2.3 Ambiti di interesse	13
Riferimenti bibliografici	14
3. SITO E CONTESTO	15
3.1 Analisi del sito ed interazione edificio/contesto	15
<i>Approfondimenti</i>	25
3.2 Infrastrutture, mobilità sostenibile e smart cities	30
<i>Approfondimenti</i>	39
3.3 Verde urbano e microclima del contesto insediativo	49
<i>Approfondimenti</i>	62
3.4 Illuminazione solare e comfort visivo	70
<i>Approfondimenti</i>	73
Riferimenti bibliografici	84
4. RIDUZIONE DELL'ESPOSIZIONE ALL'INQUINAMENTO	88
4.1 Riduzione dell'esposizione all'inquinamento atmosferico	88
4.2 Riduzione dell'esposizione all'inquinamento acustico	95
<i>Approfondimenti</i>	99
4.3 Riduzione dell'esposizione ai campi elettromagnetici ad alta (CEM-RF) e bassa (CEM-ELF) frequenza	110
<i>Approfondimenti</i>	120
4.4 Riduzione dell'esposizione agli inquinanti dell'aria indoor	124
<i>Approfondimenti</i>	134
Riferimenti bibliografici	149
5. COMFORT ABITATIVO ED EFFICIENZA ENERGETICA	152
5.1 Spazi di vita e di lavoro	152
5.2 Comfort termoigrometrico	154
<i>Approfondimenti</i>	158
5.3 Efficienza energetica dell'involucro	162
<i>Approfondimenti</i>	165
Riferimenti bibliografici	169
6. GESTIONE E MANUTENZIONE DELL'EDIFICIO	170
6.1 Gestione dei rifiuti solidi urbani	170
<i>Approfondimenti</i>	173
6.2 Gestione e tutela delle acque	176
<i>Approfondimenti</i>	184
6.3 Gestione integrata dell'edificio	188
<i>Approfondimenti</i>	190
Riferimenti bibliografici	194



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Il presente Documento di buone pratiche, redatto nell'ambito dell'Azione per *“buone pratiche su obiettivi prestazionali sanitari e ambientali integrati per costruzioni/ristrutturazioni di edifici e relativi interventi di formazione specifica”* del Programma Predefinito PP9 *“Ambiente, clima e salute”* del Piano Regionale di Prevenzione 2020-2025 (adottato con Deliberazione della Giunta Regionale n. 50/46 del 28 dicembre 2021) è stato ratificato nel mese di maggio 2023 dal Tavolo Tecnico regionale interistituzionale, intersettoriale e interdisciplinare istituito con Determinazione n. 197 dell'8 marzo 2022 del Direttore Generale della Sanità e modificato con Determinazione n. 405 del 6 maggio 2022 del medesimo Direttore.

Il Tavolo Tecnico regionale interistituzionale, intersettoriale e interdisciplinare

- Dott.ssa Natalina Loi, Ing. Paolo Desogus, Dott.ssa Marianna Loi e Dott.ssa Federica Tamponi, referenti dell'Assessorato Regionale dell'Igiene e Sanità e dell'Assistenza Sociale - Servizio Promozione della salute e osservatorio epidemiologico, che coordinano le attività del Tavolo Tecnico regionale;
- Ing. Corinna Caddeo, rappresentante titolare, e P.Ch. Gilberto Orgiano, sostituto, dell'Assessorato Regionale della Difesa dell'Ambiente - Servizio Tutela dell'atmosfera e del territorio;
- Ing. Alessandro Manca, in rappresentanza dell'Assessorato Regionale degli Enti Locali, Finanze e Urbanistica – Servizio Pianificazione paesaggistica e urbanistica;
- Dott.ssa Giuliana Virdis, in rappresentanza dell'Assessorato dell'Industria - Servizio Attività Estrattive e Recupero Ambientale;
- Ing. Silvio Piludu, referente, e Ing. Michele Muzzu, sostituto, in rappresentanza dell'Assessorato dei Lavori Pubblici - Servizio Edilizia Residenziale (SER);
- Ing. Sebastiano Bitti, in rappresentanza dell'Agenzia Regionale per l'Edilizia Abitativa (AREA);
- Direttori delle Strutture Salute e Ambiente e Coordinatori dei Gruppi di Comunicazione dei Dipartimenti di Prevenzione delle ASL;
- Dott. Massimo Cappai, Direttore del Servizio Agenti Fisici dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna (ARPAS), in rappresentanza dell'Area Tecnico Scientifica dell'Agenzia;
- Componenti della Rete regionale integrata ambiente e salute individuati nella Determinazione n. 333 del 26 aprile 2021;
- Dott.ssa Rita Pintore e TdP Dott. Giovanni Salis, referenti dello SPreSAL Capofila (SPreSAL sede di Nuoro) del Piano Mirato di Prevenzione per il rischio da esposizione al radon nei luoghi di lavoro di cui all'art. 16 del D.Lgs. 101/2020;
- Prof. Marco Schintu del Dipartimento di Scienze Mediche e Sanità Pubblica dell'Università degli Studi di Cagliari;
- Dott.ssa Daniela Sitzia, in rappresentanza dell'ANCI Sardegna;
- Ing. Luigi Costante, in rappresentanza della Federazione Regionale degli Ordini degli Ingegneri della Sardegna;
- Arch. Antonio Tamburini, in rappresentanza della Federazione Regionale degli Ordini degli Architetti PPC della Sardegna;
- Dott. Cataldo Cannillo, rappresentante titolare, e Dott.ssa Stefania Da Pelo e Dott. Stefano Sanna supplenti, in rappresentanza dell'Ordine dei Geologi della Sardegna;
- Dott. Gianluca Pittoni, in rappresentanza dell'Ordine Interprovinciale dei Chimici e Fisici di Cagliari, Nuoro e Oristano;
- Dott. Francesco Fois in rappresentanza dell'Ordine Provinciale dei Chimici e dei Fisici di Sassari.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

1. PREMESSA

Il Piano Nazionale della Prevenzione 2020-2025 (PNP), approvato con l'Intesa Stato-Regioni Rep. Atti n. 127/CSR del 6 agosto 2020 – recepita con Deliberazione della Giunta Regionale n. 67/3 del 31 dicembre 2020 con la quale è stato anche assunto l'impegno di adottare il PRP 2020-2025 in coerenza con la visione, i principi, le priorità e la struttura del PNP 2020-2025 – comprende 6 Macro Obiettivi, tra cui il Macro Obiettivo 5 recante “Ambiente, Clima e Salute”, e definisce - per ciascun Macro Obiettivo - gli obiettivi strategici da perseguire per il raggiungimento degli obiettivi di salute ed equità e le linee strategiche di intervento strumentali al raggiungimento degli obiettivi strategici, da declinarsi nell'ambito del PRP in appositi Programmi, diversi dei quali sono “predefiniti” nel PNP (Programmi Predefiniti - PP) e “sono vincolanti, ovvero tutte le Regioni sono tenute ad implementarli”.

Il Programma Predefinito per il suddetto Macro Obiettivo 5 è il PP9 recante “Ambiente, clima e salute”, che prevede, quali indicatori di monitoraggio dell'obiettivo relativo all'Azione trasversale del PNP “Intersettorialità”:

- l'indicatore 1 “*elaborazione di programmi di attività intra e inter istituzionali e di progetti multi ed inter disciplinari, intersettoriali e integrati su ambiente e salute, anche attuativi di accordi di programma/convenzioni previsti dal comma 2 dell'art. 7-quinquies D.Lgs. 502/92*”;
- l'indicatore 2 “*istituzione di tavoli tecnici regionali interistituzionali/intersettoriali/ interdisciplinari per la definizione e la condivisione di percorsi e procedure integrate, basate sull'approccio One Health anche in coerenza con gli Accordi/Programmi intersettoriali di cui al precedente indicatore*”.

Altresì, il suddetto Programma Predefinito PP9 prevede, quale indicatore 11 degli obiettivi specifici, l'adozione di un documento regionale riguardante le buone pratiche su obiettivi prestazionali sanitari e ambientali integrati per costruzioni/ristrutturazioni di edifici.

Il Piano Regionale della Prevenzione (PRP) 2020-2025, adottato con Deliberazione di Giunta Regionale n. 50/46 del 28 dicembre 2021, in coerenza con quanto stabilito nel PNP, nell'ambito del Programma Predefinito PP9 - in riferimento ai suddetti indicatori 1 e 2 degli obiettivi relativi all'azione trasversale “Intersettorialità” e al predetto indicatore 11 degli obiettivi specifici di tale Programma - comprende le due seguenti azioni:

- Azione trasversale “*intersettorialità finalizzata alla riduzione del rischio Radon nella popolazione delle aree prioritarie di cui al D.Lgs. 101/2020*” (Azione 17 del PP9 del PRP)
- Azione per “*buone pratiche su obiettivi prestazionali sanitari e ambientali integrati per costruzioni/ristrutturazioni di edifici e relativi interventi di formazione specifica*” (Azione 2 del PP9 del PRP).

Nello specifico, l'obiettivo di quest'ultima Azione è quello di predisporre ed adottare un documento contenente le principali buone pratiche sanitarie ed ambientali nel campo dell'igiene dell'edilizia, finalizzate alla tutela della salute pubblica e orientate alla riduzione dell'esposizione ai principali fattori di rischio indoor potenzialmente pericolosi per la salute, con particolare attenzione a quelli correlati all'insorgenza di malattie croniche non trasmissibili.

Oltre a questo, con la suddetta Azione si intende sviluppare specifiche competenze su tali buone pratiche attraverso specifici interventi formativi organizzati e attuati dai Dipartimenti di Prevenzione delle ASL, rivolti ad operatori sanitari degli stessi Dipartimenti e ad operatori ambientali dell'ARPAS.

L'Azione in esame si interfaccia, oltre che con l'Azione trasversale di cui sopra, anche con:

- l'Azione in materia di Urban Health dello stesso Programma Predefinito PP9;
- l'Azione “*Piano Mirato di Prevenzione per il rischio da esposizione al radon nei luoghi di lavoro sotterranei, nei luoghi di lavoro semi sotterranei o al piano terra in aree a rischio/aree prioritarie, negli stabilimenti termali (D.Lgs. 101/2020)*” del Programma Predefinito PP6;
- l'Azione “*Piano Mirato di Prevenzione relativo al rischio di cadute dall'alto nel Comparto Edilizia*” del Programma Predefinito PP7;
- il Programma Predefinito PP3 “*Luoghi di lavoro che promuovono salute*”.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Per l'attuazione delle succitate Azioni del PP9:

- Azione trasversale "*intersettorialità finalizzata alla riduzione del rischio Radon nella popolazione delle aree prioritarie di cui al D.Lgs. 101/2020*", comprendente l'elaborazione di un programma specifico di attività intra e interistituzionali finalizzato alla riduzione del rischio radon nella popolazione delle aree prioritarie di cui al D.Lgs. 101/2020,
- Azione per "*buone pratiche su obiettivi prestazionali sanitari e ambientali integrati per costruzioni/ristrutturazioni di edifici e relativi interventi di formazione specifica*", comprendente la definizione e la promozione di un Documento regionale riguardante le buone pratiche su obiettivi prestazionali sanitari e ambientali integrati per costruzioni/ristrutturazioni di edifici,

è stato istituito (con Determinazione n. 197 dell'8 marzo 2022 del Direttore Generale della Sanità) un apposito Tavolo Tecnico regionale interistituzionale, intersettoriale e interdisciplinare (di seguito Tavolo Tecnico regionale), modificato con Determinazione n. 405 del 6 maggio 2022 del medesimo Direttore.

Il Tavolo Tecnico regionale comprende i referenti degli Assessorati regionali dell'Igiene e sanità e dell'assistenza sociale, della Difesa dell'ambiente, degli Enti locali, finanze e urbanistica, dell'Industria, dei Lavori pubblici e di AREA; i direttori delle S.C. Salute e Ambiente e i coordinatori dei Gruppi di Comunicazione costituiti nei Dipartimenti di Prevenzione; il referente dell'Area Tecnico Scientifica dell'ARPAS; i componenti della Rete regionale integrata ambiente e salute; i referenti dello SPreSAL Capofila (SPreSAL sede di Nuoro) del Piano Mirato di Prevenzione del rischio da esposizione al radon nei luoghi di lavoro di cui all'art. 16 del D.Lgs. 101/2020; il referente del Dipartimento di Scienze Mediche e Sanità Pubblica dell'Università degli Studi di Cagliari; il referente dell'ANCI Sardegna; i referenti della Federazione Regionale degli Ordini degli Ingegneri, della Federazione Regionale degli Ordini degli Architetti PPC, dell'Ordine dei Geologi della Sardegna, degli Ordini dei Chimici e dei Fisici.

Nella predisposizione del presente Documento regionale di "Buone pratiche su obiettivi prestazionali sanitari ed ambientali integrati per la costruzione di edifici", come stabilito nel PRP, si è fatto riferimento tra l'altro:

- agli "*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*" predisposti dal Gruppo di Lavoro per l'Azione P-8.2.4. del Programma P-8.2 "*Supporto alle Politiche Ambientali*" del Piano Regionale di Prevenzione 2014-2019, e adottati con Deliberazione della Giunta Regionale n. 5/31 del 29 gennaio 2019 (link: <https://delibere.regione.sardegna.it/protected/44983/0/def/ref/DBR44891/>);
- alle risultanze del progetto CCM (Centro Nazionale per la prevenzione e il controllo delle malattie del Ministero della Salute) "*Individuazione di buone pratiche ed obiettivi prestazionali sanitari in materia di sostenibilità ed eco-compatibilità della costruzione e/o ristrutturazione di edifici, ai fini della predisposizione dei regolamenti d'igiene edilizia*" coordinato dal Dipartimento di Ingegneria Civile Edile Ambientale dell'Università La Sapienza di Roma (link: <https://www.ccm-network.it/progetto.jsp?id=node/1920&idP=740>).



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

2. INTRODUZIONE

2.1 L'ambiente di vita come determinante di salute

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS, in seguito riportata anche come *World Health Organization* (WHO)), nel documento "*Health 2020*"¹ pone l'attenzione sul fatto che la salute è un diritto ed un bene individuale e collettivo, oltre ad essere una maggior risorsa per la società, in quanto essenziale per lo sviluppo economico e sociale. Tra gli ambiti prioritari di azione per garantire i più alti livelli di salute, l'ambito 4, "*Creare comunità in grado di rispondere alle sfide e ambienti favorevoli alla salute*", mette in evidenza che "*le possibilità delle persone di essere in buona salute sono strettamente correlate alle condizioni in cui esse nascono, crescono, lavorano e invecchiano. La valutazione sistematica degli effetti sulla salute legati ad un rapido cambiamento dell'ambiente – particolarmente in relazione alla tecnologia, al lavoro, alla produzione energetica e all'urbanizzazione – è fondamentale e deve essere seguita da azioni al fine di garantire benefici per la salute*".

In quest'ottica, la predisposizione di ambienti *indoor* - intesi come ambienti complessi riservati alle funzioni residenziali/abitative (ambienti di vita) – salubri e favorevoli alla salute, è una necessità che assume un ruolo di prevenzione primaria per la garanzia del benessere degli occupanti, sia sotto il profilo fisico che psicologico. Infatti, la qualità dell'ambiente indoor, considerata la prolungata permanenza della popolazione in tale ambiente, assume un ruolo fondamentale nella vita di ogni individuo: l'inquinamento acustico, elettromagnetico, la presenza di inquinanti dell'aria indoor o di altri fattori quali ad esempio l'assenza di adeguati spazi abitativi o di comfort termoisolometrico, incidono negativamente sul benessere degli individui, talvolta arrecando gravi danni alla salute.

Dunque, disporre di un'abitazione sicura e con adeguati livelli di comfort in relazione alle specifiche necessità individuali, ubicata in un contesto salubre, decoroso e privo di elementi che possono nuocere alla salute o che possono ridurre la fruibilità dell'ambiente stesso, rappresenta un bisogno, nonché un diritto essenziale, in ogni fase di vita. Tale aspetto è ancora più importante per i soggetti più vulnerabili e fragili, come nel caso dei disabili o dei malati che sono costretti a passare gran parte della giornata in casa, oppure in fasi particolari della vita come per le gestanti, i bambini o gli anziani.

Oltre agli aspetti strettamente legati all'ambiente interno di un edificio, è necessario porre l'attenzione sul contesto in cui questo si trova. In tal senso, è fondamentale considerare la forte interazione tra l'ambiente indoor e lo spazio circostante, sia sotto il profilo ambientale, dunque correlato ai tipici fattori di rischio per la salute presenti nell'area in cui è ubicato l'edificio (es. inquinamento atmosferico, acustico, elettromagnetico, ecc.), sia relativamente agli ulteriori elementi che condizionano la qualità di vita dei residenti, come ad esempio la disponibilità e la semplice fruibilità di aree verdi e parchi pubblici, la pulizia ed il decoro degli spazi comuni, la disponibilità di luce naturale, ecc..

Pertanto, pianificare, progettare e realizzare un ambiente di vita orientato alla tutela della salute degli individui, al miglioramento della qualità di vita ed al raggiungimento e/o mantenimento dello status di "benessere", è fondamentale per contrastare molte problematiche di salute pubblica, in particolar modo nelle aree più svantaggiate sotto il profilo socio-economico. Infatti, è noto che le condizioni di vita generano disuguaglianze di salute: chi vive in aree svantaggiate è esposto a un rischio, da 3 a 10 volte maggiore rispetto alla media, di presentare condizioni di cattiva salute o disagio sociale (es. autolesionismo, violenza e abuso di alcolici). Inoltre, è più frequente, nei contesti maggiormente disagiati, l'insorgenza di patologie respiratorie, cardiache, mentali, e altre malattie quali cancro al polmone e diabete².

¹ *Health 2020: a European policy framework supporting action across government and society for health and well-being* (OMS, 2013). Successivamente tradotto in lingua italiana dal Centro Regionale di Documentazione per la Promozione della Salute DoRS "*Salute 2020: Un modello di politica europea a sostegno di un'azione trasversale al governo e alla società a favore della salute e del benessere*".

² Fonte: *Le disuguaglianze sociali nella salute e il ruolo dell'ambiente di vita* (Factsheet n.6 – Tratto da "*L'equità di salute in Italia. Secondo rapporto sulle disuguaglianze sociali in sanità*"). (<https://www.disuguaglianzedisalute.it/le-disuguaglianze-nella-salute-e-il-ruolo-dellambiente-di-vita/>).



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

In merito agli aspetti sopra descritti, si evidenzia che, da quanto emerge dalla scheda regionale degli indicatori di salute a supporto dei PRP³, in Sardegna, tra tutti i 17 indicatori di salute considerati, quello relativo alla *Casa insicura*⁴, è il fattore che riguarda circa il 40% della popolazione e rappresenta la condizione maggiormente evitabile se si eliminassero le disuguaglianze sociali (ossia, nel caso in esame, se tutta la popolazione avesse il più alto grado di istruzione).

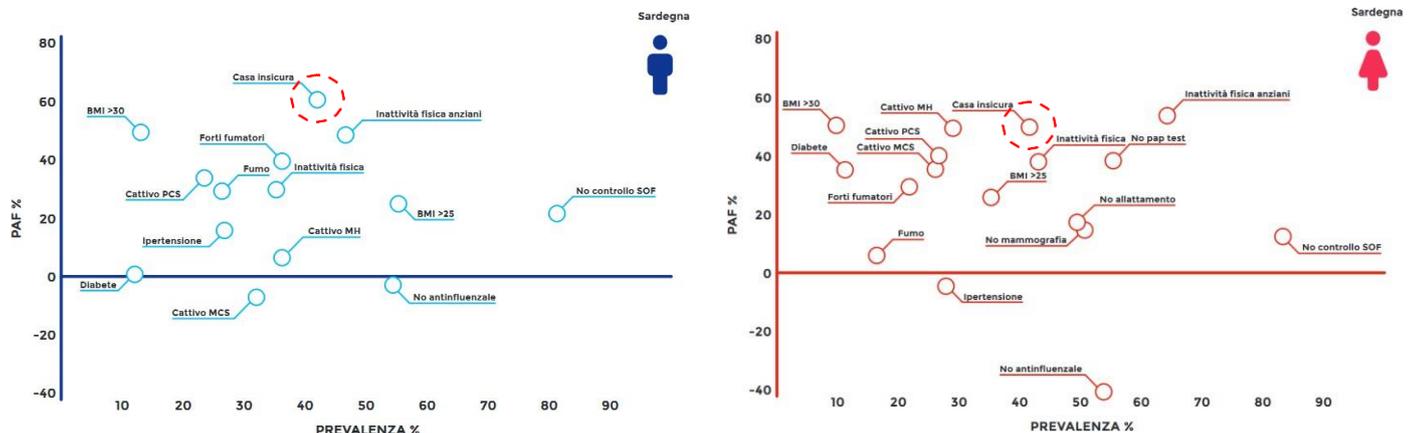


Figura 2.1 Grafico riassuntivo delle Prevalenze e PAF – Regione Sardegna.

Prevalenza %: percentuale di popolazione coinvolta; PAF: frazione percentuale di esposizione al problema, attribuibile alle disuguaglianze sociali. Fonte: Indicatori di salute a supporto dei Piani Regionali di Prevenzione - Indagine multiscopo ISTAT sulle famiglie *Condizioni di salute e ricorso a servizi sanitari 2012-2013 (Salute 2013)* (www.disuguaglianzedisalute.it)

Inoltre, si rileva che in Sardegna il 51,5% degli uomini ed il 52,6% delle donne aventi un basso grado di istruzione (licenza media inferiore o qualificazione professionale di 2-3 anni) vive in case di bassa qualità (contro, rispettivamente, il 35,0% e il 35,3% a livello nazionale). La percentuale degli esposti ad ambienti domestici non salubri attribuibile alle disuguaglianze sociali (PAF%) diminuirebbe del 60,0% per gli uomini e del 49,3% per le donne se tutta la popolazione fosse istruita. Si stima inoltre che, annullando le disuguaglianze sociali, più di 500.000 persone in Sardegna, tra uomini e donne, potrebbero vivere in abitazioni più salubri. Dal confronto dei dati sopra descritti con i relativi dati per l'Italia, si evince la condizione di maggior svantaggio che interessa la Sardegna, con valori percentuali di esposizione, PAF%, variazione nel tempo e impatti sulla popolazione notevolmente superiori rispetto a quelli nazionali.

Tali aspetti trovano conferma nei dati ISTAT 2019, dai quali risulta che la percentuale di famiglie che vive in abitazioni con problemi di degrado edilizio e/o scarsa qualità costruttiva (presenza di difetti strutturali o dell'involucro e di umidità) a livello regionale è pari al 26,8% del totale, valore nettamente superiore rispetto al dato medio nazionale (18,1%).

³ Elaborata sulla base dei dati dell' *Indagine multiscopo ISTAT sulle famiglie Condizioni di salute e ricorso a servizi sanitari 2012-2013*, (fonte www.disuguaglianzedisalute.it - sito gestito dal Servizio di Epidemiologia e dal Centro di Documentazione – DoRS della Regione Piemonte).

⁴ Edificio che presenta almeno un problema importante in termini di qualità della casa (cattive condizioni generali, assenza di riscaldamento, presenza di macchie di umidità, dimensioni piccole, meno di una stanza per componente, assenza di bagno).



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

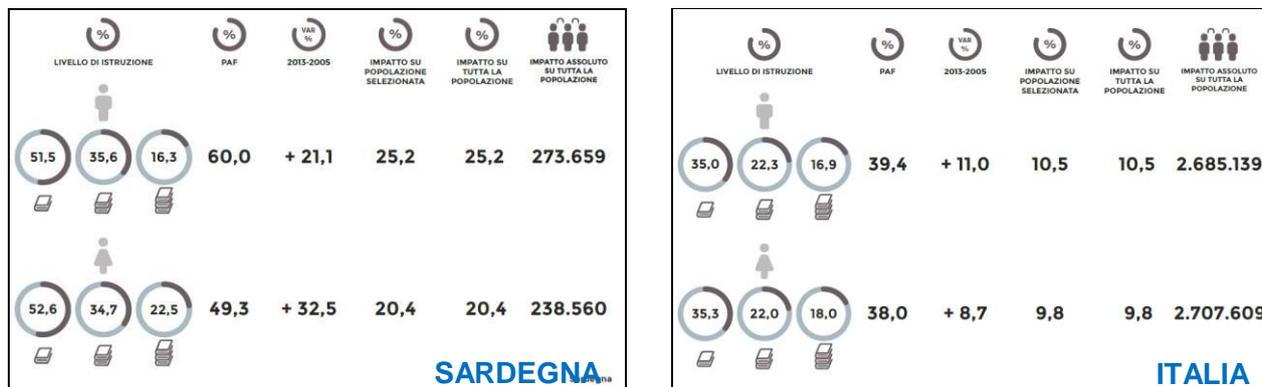


Figura 2.2. Popolazione che vive in abitazioni con almeno un difetto importante in termini di qualità della casa per livello di istruzione, Italia e Sardegna. Fonte: Indicatori di salute a supporto dei Piani Regionali di Prevenzione - Indagine multiscopo ISTAT sulle famiglie *Condizioni di salute e ricorso a servizi sanitari 2012-2013 (Salute 2013)* (www.disuguaglianzedisalute.it).

Livello istruzione %: percentuale di soggetti di età pari o superiore a 20 anni, che vivono in ambienti domestici con almeno un difetto importante di qualità della casa per livello di istruzione.

PAF%: frazione percentuale di esposizione al problema, attribuibile alle disuguaglianze sociali.

VAR%: variazione delle percentuali della PAF rispetto al 2005.

Impatto su popolazione selezionata: percentuale della popolazione selezionata che cesserebbe di vivere in case malsane annullando le disuguaglianze.

Impatto su tutta la popolazione: percentuale di tutta la popolazione che cesserebbe di vivere in case malsane annullando le disuguaglianze.

Impatto assoluto su tutta la popolazione: numero di persone che cesserebbe di vivere in case malsane annullando le disuguaglianze.

Nell'ottica di porre una maggiore attenzione sui determinanti urbani della salute, l'OMS ha introdotto il termine "*Healthy City*" (città sana), il cui concetto presuppone la maturata consapevolezza della comunità sull'importanza della salute come bene collettivo e sul fatto che il benessere dell'individuo presenta un legame indissolubile con lo spazio costruito e l'ambiente naturale.

Il "*Documento di indirizzo per la pianificazione urbana in un'ottica di Salute Pubblica*"⁵ - redatto dal Tavolo di lavoro su Città e Salute (*Urban Health*) (istituito presso la Direzione Generale della Prevenzione Sanitaria del Ministero della Salute con D.D. del 10 aprile 2018 e s.m.i.) e approvato dalla Conferenza Unificata con l'Accordo del 22 settembre 2021 - pone l'accento sulla necessità di una pianificazione urbana che integri salute umana e salute ambientale, per ridurre le disuguaglianze, migliorare le condizioni sociali, economiche e ambientali e consentire maggiori opportunità ai cittadini per l'adozione di stili di vita sani e attivi, nell'ottica dell'invecchiamento sano e attivo (*healthy and active ageing*).

⁵ Documento di indirizzo per la pianificazione urbana in un'ottica di Salute Pubblica.

https://www.salute.gov.it/portale/documentazione/p6_2_2_1.jsp?lingua=italiano&id=3125



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

2.2 Buone pratiche in edilizia

In edilizia, diversamente da quanto in genere avviene nel settore sanitario, le *buone pratiche* non derivano solamente da un approccio basato sulle evidenze scientifiche, poiché quest'ultimo risulterebbe troppo complesso da porre in essere in virtù della forte eterogeneità e variabilità dei fattori di cui si dovrebbe tener conto per poter produrre evidenze scientifiche derivanti dalla sperimentazione e raccolta di dati sul campo. Pertanto, in tale contesto, per *buona pratica* si intende l'applicazione di una tecnica (pianificatoria/progettuale/costruttiva/gestionale) avente fondamento scientifico ed orientata a prevenire l'insorgenza di situazioni di rischio legate, ad esempio, al deterioramento di parti strutturali e/o impiantistiche dell'edificio e finalizzata a mitigare potenziali rischi sanitari per gli occupanti. Come evidenziato in letteratura⁶, sebbene l'approccio adottato per definire una buona pratica in edilizia sia di tipo empirico, dunque meno rigoroso rispetto a quello impiegato nel settore sanitario, risulta più semplice ed efficace da adottare e replicare in molteplici condizioni.

Nel settore edile, le buone pratiche possono essere definite attraverso *standard*, ossia documenti pubblicati che hanno lo scopo di definire metodi e procedure comuni che devono essere utilizzate per garantire maggiore affidabilità e coerenza in termini di qualità, conformità del particolare prodotto, servizio, materiale e così via. Un esempio sono le norme tecniche emesse dell'UNI (Ente Nazionale Italiano di Unificazione), che, pur non essendo obbligatorie, rappresentano le migliori soluzioni condivise da numerosi esperti (organizzati in commissioni tecniche ed Enti federati) per realizzare un prodotto (ad esempio definendone caratteristiche dimensionali, prestazionali, di sicurezza), per condurre un'attività progettuale, una verifica strumentale, ecc..

Una buona pratica in edilizia, oltre a dover essere efficace e facilmente trasferibile, deve essere orientata alla sostenibilità ambientale, ossia deve tendere a costituire proficue relazioni tra ambiente costruito e ambiente naturale, alla corretta gestione del territorio, all'utilizzo consapevole delle risorse naturali e alla salvaguardia dell'ecosistema naturale, nell'ottica di garantire la disponibilità di tali risorse anche per le future generazioni. Pertanto, le premesse per un ambiente costruito salubre ed efficiente, sia da un punto di vista funzionale che energetico, devono necessariamente realizzarsi nel momento della progettazione degli edifici e degli insediamenti, sia che si tratti di ristrutturazioni che di nuove costruzioni, tenendo conto dei molteplici fattori orientati a garantire la sostenibilità ambientale dell'opera e la tutela della salute dell'individuo.

In quest'ottica, è fondamentale, specialmente per le nuove costruzioni, che si pianifichi un corretto orientamento degli edifici, in grado di utilizzare l'esposizione al sole e ai venti come un'opportunità di benessere abitativo e risparmio energetico (vedi "Approfondimenti" del capitolo 5.2 e 5.3 del presente Documento). Altro fattore cruciale è una corretta scelta dei materiali dell'involucro al fine di una adeguata gestione termoisolante dell'ambiente interno in rapporto alle condizioni microclimatiche esterne, oltre all'utilizzo di materiali certificati per le finiture che non rilascino nel tempo sostanze inquinanti.

Lo studio dei suddetti elementi, come anche la corretta disposizione degli ambienti interni, consentono di realizzare edifici che di per sé sono adatti all'ambiente in cui si trovano, rendendosi meno dipendenti dagli impianti di climatizzazione o di illuminazione artificiale, favorendo quindi una più efficiente integrazione impiantistica.

Dal punto di vista bioclimatico, specialmente per quanto riguarda il clima temperato sardo, risulta particolarmente interessante per le residenze l'orientamento dell'asse principale secondo la direzione Est-Ovest, cioè con la disposizione delle facciate principali a Sud e a Nord, schermando adeguatamente le aperture vetrate a Sud in modo che la radiazione solare possa penetrare in inverno ed essere ostacolata in estate anche con l'utilizzo di vegetazione caducifoglie. Diverso approccio potrebbe invece avere un edificio con diversa destinazione, per esempio gli uffici, per i quali il fattore dell'illuminazione risulta una esigenza primaria per la quale si potrebbe preferire un orientamento diverso in rapporto anche alla disposizione degli ambienti interni.

Dal punto di vista della bioclimatizzazione degli edifici è comunque di fondamentale importanza considerare che l'approccio progettuale deve necessariamente variare a seconda della destinazione d'uso dell'edificio e dal luogo in cui si edifica, in rapporto a fattori quali l'esposizione solare, i venti dominanti, l'orografia del terreno, alla presenza o meno di vegetazione o corsi d'acqua, ecc..

⁶ Koren H. Best practices for environmental health. Routledge, Taylor & Francis Group, New York 2017.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

La materia potrebbe risultare complessa ma ormai da decenni è supportata da insegnamenti a livello universitario e da raffinati strumenti informatici per la diagnosi termoisometrica ed energetica sia degli edifici esistenti che per quelli in fase di progettazione.

Il sito in cui è ubicato un edificio condiziona le soluzioni progettuali e costruttive finalizzate al soddisfacimento della salubrità degli ambienti ed il comfort abitativo anche da un punto di vista psicologico. Tali aspetti si sono resi drammaticamente evidenti nel corso della pandemia da CoViD-19 che ha reso i servizi di prossimità alle residenze e ai luoghi di lavoro ancora più pressanti, evidenziando impressionanti lacune di molti quartieri, specialmente nelle maggiori città di tutto il mondo. Questa situazione ha inoltre reso più che evidente, oltre alla necessità della ristrutturazione urbana di molte aree cittadine, la generale mancanza, alla scala dell'edificio, della possibilità di fruire di spazi esterni quali terrazzi sufficientemente ampi e protetti per poter essere arredati e fruibili. Questa esigenza, da sempre lamentata dalle famiglie con persone costrette all'interno dell'abitazione per motivi di salute o disabilità, evidenzia come l'ambiente esterno non debba solo intendersi "altro" rispetto all'edificio, ma può trovare un giusto riscontro anche all'interno delle abitazioni, creando spazi idonei alla fruizione di luce e aria naturali, alla coltivazione di piante anche a scopo terapeutico, senza doversi necessariamente spostare dalla propria abitazione.

Gli aspetti sopra espressi e più ampiamente analizzati nel presente Documento, evidenziano la necessità della corretta impostazione del progetto edilizio e urbano, che deve tenere conto dei requisiti prioritari di sostenibilità dell'elemento costruito e delle ricadute positive che tale approccio progettuale determina sull'ambiente, sulla salute della popolazione che vi risiede, nonché sull'assetto socio-economico del contesto territoriale.

In ambito internazionale esistono diversi protocolli e raccomandazioni per la corretta progettazione edilizia, improntate sulla sostenibilità ambientale e sulla tutela del benessere degli occupanti. Tra queste si citano, ad esempio, la certificazione anglosassone BREEM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) e la certificazione americana LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*). La prima è una metodologia di valutazione della sostenibilità ambientale, che analizza tutte le fasi del ciclo edilizio, dalla progettazione alla realizzazione, manutenzione e gestione dell'edificio. Il LEED è un sistema di classificazione dell'edificio in relazione alla efficienza energetica ed impatto ecologico. Le suddette certificazioni possono riferirsi a edifici di nuova realizzazione o a interventi sull'esistente. Ulteriori strumenti di valutazione multicriteri sono la certificazione HQE (francese), l'Eco-bau (svizzera), la Total Quality (australiana), la Green Star (Australiana) e la CASBEE (giapponese) e il sistema internazionale SBTool, sviluppato nell'ambito del processo di ricerca *Green Building Challenge*, coordinato dall'organizzazione no profit *iSBE (International Initiative for a Sustainable Built Environment)*.

Anche l'Italia dispone di uno strumento di certificazione analogo ai precedenti, improntato sulla valutazione del livello di sostenibilità energetica ed ambientale degli edifici presenti nel territorio nazionale. In particolare, l'Istituto ITACA (Istituto per l'Innovazione e Trasparenza degli Appalti e la Compatibilità Ambientale), organo tecnico della Conferenza delle Regioni e delle Province autonome per la materia degli appalti pubblici, attraverso il Gruppo di lavoro interregionale per la bioedilizia, ha elaborato il Protocollo ITACA. Questo consente di valutare le prestazioni globali dell'edificio, attraverso un sistema multicriterio basato sull'attribuzione di punteggi prestazionali, rendendo così possibile la contestualizzazione dello strumento di valutazione al territorio in cui è applicato e può, inoltre, essere adattato a qualsiasi esigenza di applicazione e di destinazione d'uso dell'edificio. Il Protocollo ITACA è il risultato della contestualizzazione in Italia del suddetto strumento internazionale di certificazione energetica e ambientale SBTool (*Sustainable Building Tool*).

La prima versione del Protocollo ITACA è stata approvata nel 2004 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome. In seguito, il Protocollo è stato adottato dalle Regioni e da numerose amministrazioni comunali in diverse iniziative volte a promuovere e a incentivare l'edilizia sostenibile attraverso regolamenti edilizi, gare d'appalto, piani urbanistici, ecc. Versioni aggiornate e più evolute del Protocollo ITACA sono state successivamente realizzate dal gruppo di lavoro interregionale, con il supporto tecnico-scientifico di *iSBE Italia* e *ITC-CNR*. Il Protocollo è stato adottato da alcune Regioni e da numerose amministrazioni comunali in diverse iniziative volte a promuovere e a incentivare l'edilizia sostenibile. Con la diffusione del Protocollo ITACA a livello nazionale e l'interessamento a riguardo dell'intero comparto delle costruzioni, l'Istituto ITACA ha promosso, anche su indicazione della Conferenza delle Regioni e delle Province



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

autonome, l'attivazione di un processo di certificazione di parte terza sotto l'accreditamento di ACCREDIA (RT-33) e lo sviluppo di una specifica prassi di riferimento UNI dedicata al Protocollo ITACA.

Nell'ambito della collaborazione tra ITACA e UNI, al fine di evolvere i diversi protocolli a norme tecniche nazionali di riferimento, è stata realizzata la Prassi di Riferimento UNI/PdR 13:2015, che ha sostituito il Protocollo ITACA relativo agli Edifici Residenziali. La Prassi di Riferimento, documento che introduce prescrizioni tecniche a supporto della normazione e del mercato, rientra fra i "prodotti della normazione europea", come definiti all'art.2, punto 2) del Regolamento UE n.1025/2012.

La UNI/PdR 13:2015 è stata recentemente aggiornata con la pubblicazione della UNI/PdR 13:2019 "*Sostenibilità ambientale nelle costruzioni – Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità*" al fine di adeguare lo strumento alle novità relative alla normativa tecnica ed all'introduzione dei Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici, emanati con una serie di decreti tra i quali il D.M. 11 ottobre 2017 recante "*Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici*", recentemente abrogato dal D.M. 23 giugno 2022 recante "*Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l'affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l'affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi*" (di seguito "CAM Edilizia"). Il suddetto Decreto è stato elaborato in attuazione del *Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi della pubblica amministrazione (PAN GPP)*, adottato l'11 aprile 2008 ai sensi dell'art. 1, c. 1126 e 1127 della legge 27 dicembre 2006 n. 296, con Decreto del Ministro dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare, di concerto con il Ministro dello Sviluppo economico e dell'Economia e delle Finanze. Esso fornisce alcune indicazioni per le stazioni appaltanti e stabilisce i Criteri Ambientali Minimi (CAM) per l'affidamento dei servizi di progettazione e dei lavori per gli interventi edilizi come disciplinati dal D.Lgs. n. 36 del 31 marzo 2023 (Codice dei Contratti Pubblici).

La scelta dei criteri contenuti nei CAM Edilizia si basa sui principi e i modelli di sviluppo dell'economia circolare e sono coerenti con un approccio di architettura "bio-eco-sostenibile" che prevede l'integrazione di conoscenze e valori rispettosi del paesaggio, dell'ambiente e della biologia di tutti gli esseri viventi che ne fanno parte e consentono quindi alla stazione appaltante di ridurre gli impatti ambientali generati dai lavori per la costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici e dalla gestione dei relativi cantieri.

Il concetto di edilizia "bio-eco-sostenibile" presuppone dunque un pensiero progettuale che racchiude numerose tematiche tra cui la bioclimatica, l'efficientamento energetico, l'uso e la conservazione delle risorse materiche, le caratteristiche dei materiali da costruzione, sia sotto il profilo tecnologico che in relazione al loro impatto sull'ambiente e sulla salute, ecc. Tali aspetti, come già espresso, devono essere presi in considerazione a partire dalle prime fasi progettuali, al fine di poter essere correttamente armonizzate e integrate tra loro, con l'obiettivo di realizzare edifici salubri e a basso impatto ambientale.

Il succitato D.Lgs n. 36 del 31 marzo 2023 prevede l'applicazione dei "Criteri di sostenibilità energetica ed ambientale" da parte delle stazioni appaltanti, per contribuire agli obiettivi ambientali previsti dal PAN GPP. L'art. 57 del suddetto Decreto ha introdotto l'obbligo per le stazioni appaltanti dell'inserimento, nella documentazione progettuale e di gara, delle specifiche tecniche e delle clausole contrattuali contenute nei CAM. Anche il recente D.M. 23 giugno 2022 ribadisce l'importanza dei cosiddetti *rating systems*, tra i quali viene espressamente citato il Protocollo ITACA, ora sostituita dalla UNI/PdR 13:2019.

La suddetta Prassi di Riferimento consente, tra l'altro, il calcolo del punteggio di prestazione di edifici residenziali e non residenziali⁷, di nuova costruzione o oggetto di ristrutturazioni importanti, relative all'intero edificio (e non alla singola unità immobiliare).

L'applicazione del protocollo è su base volontaria, a meno che essa non venga richiesta dalla stazione appaltante. La determinazione degli indicatori e dei punteggi prestazionali può essere effettuata anche attraverso l'ausilio di specifici software tra cui il software gratuito *Proitaca*⁸.

⁷ All'indirizzo https://www.itaca.org/valutazione_sostenibilita.asp sono liberamente scaricabili le seguenti Prassi di Riferimento UNI: UNI/PdR 13.0:2019 *Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità - Inquadramento generale e principi metodologici*; UNI/PdR 13.1:2019 *Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità - Edifici residenziali*; UNI/PdR 13.2:2019 *Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità - Edifici non residenziali*.

⁸ <https://www.proitaca.org/>



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

In sintesi, l'obiettivo generale delle buone pratiche in edilizia è, quindi, giungere ad una migliore qualità urbana, sia sotto il profilo strettamente costruttivo e prestazionale degli insediamenti, sia sotto il profilo sanitario degli spazi di vita, e ridurre la contrastante dicotomia tra tutela e trasformazione ambientale.

Pertanto, in questo contesto, per *buona pratica in edilizia* si intende un intervento in grado di soddisfare i seguenti criteri:

- avere un solido fondamento teorico;
- essere in grado di rispondere ai bisogni della popolazione;
- possedere evidenze di efficacia;
- essere trasferibile in realtà diverse;
- essere sostenibile.

Una sfida per il futuro, come evidenziato in letteratura⁹, è “*capire meglio il peso dell'impatto del nostro ambiente costruito sulla salute e poi costruire insediamenti che promuovano la salute fisica e mentale*”. Per giungere a tale stadio conoscitivo e operativo, è essenziale una strategia di azione intersettoriale volta a promuovere la salute attivando la responsabilità di settori extra-sanitari. Infatti, come è noto, oltre agli aspetti prettamente tecnici che riguardano la pianificazione, progettazione e realizzazione dell'ambiente costruito, è importante valutare il rapporto tra quest'ultimo e la salute di ciascun individuo: tale argomento, come peraltro evidenziato nel capitolo precedente, rappresenta un campo di ricerca in continua evoluzione e presenta un forte carattere interdisciplinare e trasversale. L'approccio intersettoriale rappresenta un criterio guida di diversi Piani Nazionali della Prevenzione, compreso il PNP 2020-2025, nonché dei relativi Piani Regionali di Prevenzione. Anche il tema della *Urban Health* in coerenza con i LEA 2017 (DPCM 12 gennaio 2017), è tra gli elementi centrali del PNP 2020-2025, e quindi del PRP 2020-2025, con un forte carattere operativo ed intersettoriale.

⁹ Richard J. Jackson 2003. The Impact of the Built Environment on Health. An Emerging Field Am J. - Public Health, 2003 (9) 1382-1383)



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

2.3 Ambiti di interesse

Il presente Documento, in continuità con l'Azione P-8.2.4 del Programma P-8.2 “*Supporto alle Politiche Ambientali*” del Piano Regionale di Prevenzione (PRP) 2014-2019 – che ha avuto 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 – ha l'obiettivo di compendiare i principali criteri di cui tenere conto nella progettazione e costruzione di nuovi edifici, o nella ristrutturazione di quelli esistenti, nell'ottica della promozione della salute e dei corretti stili di vita e in accordo con i principi cardine della *Urban Health*.

Gli argomenti del presente Documento includono:

- Sito e contesto, con gli ambiti di interesse
 - Analisi del sito ed interazione edificio-contesto
 - Infrastrutture, mobilità sostenibile e *smart cities*
 - Verde urbano e microclima del contesto insediativo
 - Illuminazione solare e comfort visivo
- Riduzione dell'esposizione all'inquinamento, con gli ambiti di interesse
 - Riduzione dell'esposizione all'inquinamento atmosferico
 - Riduzione dell'esposizione all'inquinamento acustico
 - Riduzione dell'esposizione ai campi elettromagnetici ad alta e bassa frequenza
- Comfort abitativo ed efficienza energetica, con gli ambiti di interesse
 - Spazi di vita e di lavoro
 - Comfort termoigrometrico
 - Efficienza energetica dell'involucro
- Gestione e manutenzione dell'edificio, con gli ambiti di interesse
 - Gestione dei rifiuti solidi urbani
 - Gestione e tutela delle acque
 - Gestione integrata dell'edificio.

Nel presente documento, per ciascun ambito di interesse, dopo la descrizione dei relativi principali aspetti e degli impatti sull'ambiente e sulla salute, vengono definiti:

- **Finalità**, ossia il principale obiettivo, di carattere generale, da perseguire per la tutela della salute degli occupanti di un edificio (o di un complesso insediativo), del miglioramento della qualità e del comfort degli ambienti di vita.
- **Obiettivi prestazionali sanitari ed ambientali**, ossia obiettivi specifici di carattere pratico ed operativo per il conseguimento dell'obiettivo generale, che dovrebbero essere raggiunti attraverso l'applicazione delle buone pratiche pianificatorie/progettuali/costruttive/gestionali dell'edificio.
- **Buone pratiche**, ossia l'insieme delle misure/criteri da adottare nelle fasi di pianificazione/progettazione/costruzione/gestione di un edificio, o di un complesso insediativo, in relazione alla specifica destinazione d'uso dell'edificio stesso, nel suo complesso o dei singoli ambienti interni, e del rapporto con il contesto in cui questo è ubicato.
- **Strumenti di verifica**, ossia la documentazione ed i relativi contenuti necessari per poter verificare l'avvenuta applicazione delle buone pratiche, finalizzate al raggiungimento degli obiettivi prestazionali di cui sopra.

Quando necessario, è riportata anche una specifica sezione di approfondimento, riguardo pure alla Prassi di Riferimento UNI/PdR 13:2019 al fine di fornire un ulteriore ausilio in relazione ai livelli prestazionali dell'edificio orientati alla sostenibilità ambientale e alla tutela della salute. Inoltre, per taluni argomenti, si evidenziano in criteri progettuali/costruttivi degli edifici riportati nei CAM Edilizia (D.M. 23 giugno 2022) che, sebbene riguardino esclusivamente gli interventi di edilizia pubblica, possono essere un ulteriore riferimento di buone pratiche anche nell'ambito della progettazione e dei lavori di nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici privati.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Riferimenti bibliografici

- D.Lgs. 31 marzo 2023, n. 36. Codice dei contratti pubblici in attuazione dell'articolo 1 della legge 21 giugno 2022, n. 78, recante delega al Governo in materia di contratti pubblici. (23G00044) (GU Serie Generale n.77 del 31-03-2023 - Suppl. Ordinario n. 12).
- D.M. del 23 giugno 2022. "Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l'affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l'affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi". (22A04307) (GU Serie Generale n.183 del 06-08-2022).
- Documento di indirizzo per la pianificazione urbana in un'ottica di Salute Pubblica.
(link: https://www.salute.gov.it/portale/documentazione/p6_2_2_1.jsp?lingua=italiano&id=3125)
- D.P.C.M. 12 gennaio 2017. Definizione e aggiornamento dei livelli essenziali di assistenza, di cui all'articolo 1, comma 7, del decreto legislativo 30 dicembre 1992, n. 502. (17A02015) (GU Serie Generale n.65 del 18-03-2017 - Suppl. Ordinario n. 15).
- Indagine multiscopo ISTAT sulle famiglie Condizioni di salute e ricorso a servizi sanitari 2012-2013 (fonte www.disugualianzedisalute.it - sito gestito dal Servizio di Epidemiologia e dal Centro di Documentazione – DoRS della Regione Piemonte).
- Koren H, 2017. Best practices for environmental health. Routledge, Taylor & Francis Group, New York 2017.
- Le disuguaglianze sociali nella salute e il ruolo dell'ambiente di vita (Factsheet n.6 – Tratto da "L'equità di salute in Italia. Secondo rapporto sulle disuguaglianze sociali in sanità").
(link: <https://www.disuguaglianzedisalute.it/le-disuguaglianze-nella-salute-e-il-ruolo-dellambiente-di-vita/>).
- Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), 2013. Health 2020: a European policy framework supporting action across government and society for health and well-being. Successivamente tradotto in lingua italiana dal Centro Regionale di Documentazione per la Promozione della Salute DoRS "Salute 2020: Un modello di politica europea a sostegno di un'azione trasversale al governo e alla società a favore della salute e del benessere".
- Prassi di Riferimento UNI: UNI/PdR 13.0:2019 Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità - Inquadramento generale e principi metodologici.
(link: https://www.itaca.org/valutazione_sostenibilita.asp)
- Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.1:2019. Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità - Edifici residenziali.
(link: https://www.itaca.org/valutazione_sostenibilita.asp)
- Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.2:2019. Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità - Edifici non residenziali.
(link: https://www.itaca.org/valutazione_sostenibilita.asp)
- Richard J. Jackson 2003. The Impact of the Built Environment on Health. An Emerging Field Am J. - Public Health, 2003 (9) 1382-1383).



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

3. SITO E CONTESTO

3.1 Analisi del sito ed interazione edificio/contesto

Impatti ambientali e sanitari

Gli elementi caratteristici del sito in cui è ubicato un edificio (esistente o di nuova realizzazione) condizionano fortemente la definizione e adozione di soluzioni progettuali e costruttive finalizzate al soddisfacimento di livelli minimi prestazionali, che garantiscano la salubrità degli ambienti ed il comfort abitativo, qualora si tratti di edifici ad uso domestico, o adeguate condizioni lavorative nel caso l'edificio o il locale sia un luogo di lavoro.

Gli aspetti climatici del sito di edificazione, le caratteristiche del suolo, l'esposizione ai venti dominanti, la disponibilità di luce naturale, il contesto acustico, la qualità dell'aria atmosferica, nonché l'eventuale rischio di esposizione a sorgenti radioattivate naturali quali il radon, rappresentano alcuni dei fattori esterni che necessitano un'attenta analisi, sia nelle fasi preliminari della progettazione di un edificio (o di un nuovo complesso edilizio) sia durante le fasi costruttive, nonché nella gestione dell'edificio stesso nel corso della sua vita utile.

Tale approccio, un tempo ritenuto fondamentale ed imprescindibile per l'ottenimento di un ambiente costruito quanto più salubre e duraturo, è stato progressivamente aggirato dall'avanzamento tecnologico dei materiali da costruzione: infatti, la piena fiducia nelle nuove tecnologie costruttive e nelle prestazioni tecniche dei materiali disponibili nel campo dell'edilizia, hanno concentrato l'attenzione sull'interazione tra edificio e ambiente circostante, affidando la qualità dell'edificato prevalentemente alle prestazioni dei materiali da costruzione. L'esito di tale approccio ha portato alla costituzione di un sistema edilizio fortemente energivoro e talvolta altamente impattante sull'ambiente.

Di contro, l'analisi dettagliata dei fattori ambientali, climatici e territoriali che caratterizzano il sito in cui si svilupperà il 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 degli ambienti interni. Tale analisi, come precedentemente affermato, è propedeutica alla progettazione, ed è finalizzata a creare un habitat "salutogenico", ossia un contesto non solo orientato alla tutela della salute degli occupanti (intesa come assenza di condizioni che possono dar luogo a malattie o infermità), ma anche adatto al miglioramento della qualità di vita ed al raggiungimento e mantenimento dello status di "benessere", ossia del più alto livello possibile di salute fisica e mentale e condizione sociale.

Oltre ai suddetti aspetti inerenti alle specificità del sito, è fondamentale riconoscere le interazioni tra individuo e contesto insediativo/ambientale, mettendo in risalto gli elementi qualitativi del sito (es. accessibilità, grado di sicurezza percepito, pulizia e decoro del contesto, ecc.) ed i servizi disponibili che assicurano una adeguata fruibilità del sito nel suo complesso, senza discriminazioni nei confronti delle componenti sociali più vulnerabili. Infatti, è noto che la scarsa qualità del contesto, il disordine e la mancanza di pulizia dei quartieri, l'assenza di aree verdi e di un equilibrato mix-funzionale, la mancanza di una adeguata illuminazione nelle ore notturne ecc., inducono, specialmente nei soggetti più vulnerabili (es. anziani, persone diversamente abili), un senso di disagio e di insicurezza, dando luogo alla limitazione della fruibilità dell'area per tali individui.

Su scala di singolo edificio è fondamentale valutare la contemporanea presenza di unità immobiliari a differente destinazione d'uso (es. locali ad uso abitativo prossimi ad attività produttive, commerciali, artigianali, ecc.) che possono dar luogo, ad esempio, ad impatti negativi di inquinamento acustico e atmosferico che pregiudicano la qualità di vita dei residenti.

Come evidenziato nel capitolo 2 del presente Documento, il benessere dell'individuo è strettamente legato alla qualità dell'ambiente in cui è integrato l'edificio, correlata sia ai fattori strettamente ambientali (condizioni climatiche, disponibilità di luce solare, inquinamento atmosferico, acustico, elettromagnetico, ecc.), sia ai molteplici aspetti che condizionano la fruibilità del sito, la disponibilità dei servizi, il livello di sicurezza reale e percepito del contesto insediativo, le condizioni di salubrità e decoro dei luoghi, ecc.. Questi ultimi possono condizionare fortemente le scelte di vita del singolo ed avere un impatto negativo sotto il profilo emotivo e



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

comportamentale, che si manifesta maggiormente tra i soggetti più svantaggiati, dando luogo ad un meccanismo di generazione e/o amplificazione delle disuguaglianze sociali di salute.

Gli impatti sulla salute indotti dall'inquinamento atmosferico, acustico ed elettromagnetico e gli aspetti sanitari correlati alla disponibilità di luce solare, sono oggetto dei successivi capitoli del presente Documento, mentre, nel capitolo in esame, si pone maggiore attenzione agli impatti sul benessere psico-fisico associati ai fattori climatici che caratterizzano l'ambito urbano.

È noto che gli effetti del cambiamento climatico, ed in particolare il fenomeno del surriscaldamento del pianeta, sono stati riscontrati con frequenza via via maggiore negli ultimi anni, con conseguenze talvolta particolarmente dannose per l'ambiente e per l'uomo, richiedendo così un rapido sviluppo di capacità adattive e resilienza. Lo studio dei cambiamenti climatici, la previsione degli scenari futuri e la pianificazione di strategie operative di mitigazione, risultano necessari per far fronte alle conseguenze negative che comprendono, oltre agli elevati rischi per la salute, la perdita di risorse naturali, il deterioramento delle matrici ambientali, perdite economiche, sociali, ecc..

In Italia, come in altri Paesi dell'Europa meridionale, i cambiamenti climatici stanno causando un aumento considerevole della frequenza di eventi meteorologici estremi tra cui le ondate di calore, le piogge intense con associati fenomeni di dissesto idrogeologico, i periodi prolungati di siccità, ecc..

Negli ultimi decenni in Italia si osserva un costante aumento delle temperature medie estive. Nella recente pubblicazione dell'OMS – UNFCCC “*Climate and Health Country Profile – Italy*” (2018), sviluppato in collaborazione con il Ministero della Salute, i modelli climatici per l'Italia prodotti dal Centro Euro Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici (CMCC) stimano un incremento delle temperature per la fine del secolo compreso tra +5,1°C e +1,6°C, a seconda degli scenari di emissioni di inquinanti in atmosfera (Figura 3.1). Inoltre, i modelli climatici prevedono incrementi del numero dei giorni di ondata di calore, dei giorni di piogge estreme e della durata dei periodi di siccità¹⁰.

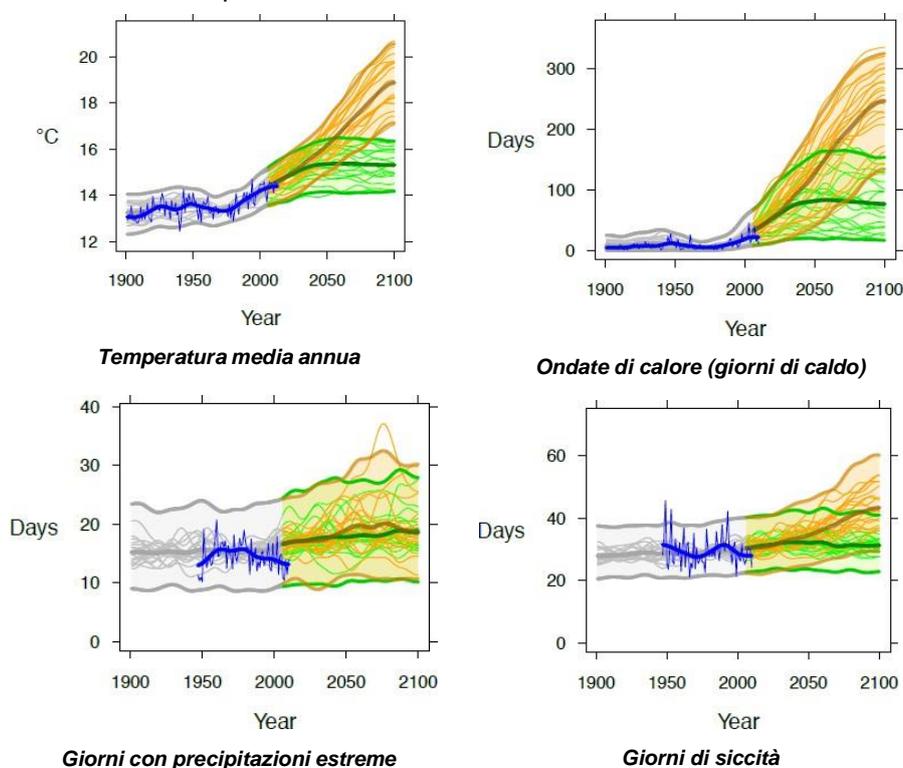


Figura 3.1: proiezioni dei modelli dei rischi climatici in uno scenario di emissioni di inquinanti in atmosfera elevate (in arancione) e basse (in verde); in blu il record annuale osservato. Fonte: “*Climate and Health Country Profile – Italy*” (OMS, 2018).

¹⁰ Piano Nazionale di Prevenzione degli effetti del caldo sulla salute. Linee di indirizzo per la prevenzione – Ondate di calore e inquinamento atmosferico. Centro Nazionale Prevenzione e Controllo Malattie (CCM), 2019.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Rispetto al contesto internazionale, in Italia si verifica il maggior numero di morti a causa delle ondate di calore, sebbene vi sia una eterogeneità di tale fenomeno tra le città italiane, sia per le diverse caratteristiche climatiche locali, sia per la diversa vulnerabilità della popolazione. Quest'ultima è strettamente legata all'invecchiamento della popolazione e alla consistenza della componente di persone con disagio sociale per mancanza di occupazione o reddito adeguato.

Tra i sottogruppi di popolazione ad alto rischio vi sono, inoltre, coloro che sono affetti da malattie croniche come la broncopatia cronica ostruttiva (BPCO), malattie cardiovascolari (ipertensione, cardiopatie), il diabete, le malattie neurologiche (es. morbo di Parkinson) e le demenze.

Gli effetti delle ondate di calore si manifestano quando il sistema di regolazione della temperatura corporea non è in grado di disperdere il calore in eccesso. Infatti, in presenza di condizioni climatiche estreme per effetto di caldo intenso ed elevato tasso di umidità, il processo della riduzione della temperatura corporea ad opera della sudorazione viene fortemente limitato, dando luogo ad un rapido incremento della stessa temperatura corporea ed alla conseguente alterazione del normale funzionamento degli organi vitali. I fattori che condizionano la termoregolazione sono l'età del soggetto (i bambini e gli anziani sono i soggetti maggiormente a rischio), la presenza di malattie, patologie croniche e stati febbrili, l'assunzione di alcuni farmaci, il consumo di droghe e alcol.

L'esposizione prolungata a temperature elevate può determinare lievi disturbi (crampi, svenimenti, gonfiori) o effetti gravi come il colpo di calore o aggravare lo stato di salute di persone con patologie preesistenti.

Le evidenze dimostrano che, nei soggetti anziani, l'effetto delle condizioni climatiche estreme sulla mortalità si verifica in un tempo di latenza compreso tra uno e tre giorni e che la presenza di patologie a carico dell'apparato respiratorio, cardiovascolare e del sistema nervoso centrale sono determinanti nel causare la morte improvvisa¹¹.

Nel contesto urbano, gli effetti negativi delle ondate di calore risultano ancora più accentuati a causa del fenomeno noto come *isola urbana di calore (Urban Heat Island)* – ossia l'incremento della temperatura media dell'area urbana rispetto alle zone periferiche, di cui si parlerà più diffusamente nel capitolo 3.3 del presente Documento – dovuto all'inquinamento atmosferico correlato alle attività antropiche, alla conformazione della tessitura urbana e alle caratteristiche degli edifici (es. dimensioni, caratteristiche dei materiali da costruzione). In ambito urbano, inoltre, sono particolarmente evidenti le differenze di esposizione e di vulnerabilità della popolazione agli effetti delle ondate di calore, così come delle ondate di freddo, legate all'eterogeneità del tessuto sociale e, dunque, ai determinanti distali di salute del singolo individuo (livello di istruzione, condizione occupazionale, reddito, ecc.) che generano disuguaglianze di salute tra la popolazione.

Gran parte degli effetti avversi delle ondate di calore sono prevenibili con un corretto approccio previsionale ed operativo. A tal proposito, nel 2005, il Ministero della Salute ha avviato il "*Piano operativo nazionale per la prevenzione degli effetti del caldo sulla salute*"¹², con l'obiettivo di fornire il supporto alla realizzazione di programmi di prevenzione in tutte le principali città italiane. Il Piano si affianca al progetto "*Sistema nazionale di sorveglianza, previsione e di allarme per la prevenzione degli effetti delle ondate di calore sulla salute della popolazione*" del Dipartimento della Protezione Civile. Il Piano coinvolge 27 città italiane per le quali è stato attivato il sistema di previsione e allarme HHWW (*Heat Health Watch Warning System*, attivo dal 15 maggio al 15 settembre) e di sorveglianza delle condizioni meteorologiche. Questo consente di individuare, giornalmente e per ogni specifica area urbana, le condizioni meteo-climatiche che determinano un rischio per la salute, soprattutto dei soggetti vulnerabili (anziani, malati cronici, bambini, donne in gravidanza). I bollettini sulle ondate di calore sono consultabili dal sito del Ministero della Salute al seguente link: <https://www.salute.gov.it/portale/caldo/homeCaldo.jsp>.

Inoltre, dal portale del Ministero della Salute è possibile scaricare numerosi opuscoli relativi alle ondate di calore, rivolti alla popolazione generale e agli operatori sanitari. I suddetti bollettini sono inoltre consultabili mediante apposite applicazioni per telefonia mobile.

¹¹ Piano Operativo Nazionale per la Prevenzione degli Effetti del Caldo sulla Salute (Centro Nazionale per la Prevenzione ed il Controllo delle Malattie e Dipartimento della Protezione Civile – DPC Centro di Competenza Nazionale di Prevenzione degli Effetti del Caldo (Dipartimento di Epidemiologia ASL RME), 2005.

¹² <https://www.ccm-network.it/progetto.jsp?id=node/563&idP=740>



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Come anticipato, associati ai cambiamenti climatici sono da considerare i fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico legati alle piogge intense che determinano, oltre ad ingenti danni ambientali ed economici, un impatto per la salute che spesso viene sottostimato o difficilmente quantificato nel lungo termine. Sono infatti riscontrabili nell'immediato, e con relativa facilità, i decessi e i traumi che coinvolgono la popolazione residente in un areale a seguito di eventi calamitosi (ondate di piena, frane, colate detritiche, ecc.), mentre è particolarmente complesso associare agli eventi estremi in esame gli eccessi di mortalità e di insorgenza di patologie.

In ambito nazionale, al fine di inquadrare le condizioni di pericolosità geologica e idrogeologica, è utile fare riferimento, in prima analisi, alle mappature delle aree di pericolosità da frana e idraulica realizzate dall'ISPRA sulla base dei dati forniti dalle Autorità di Bacino Distrettuali secondo gli Scenari del D.Lgs. 49/2010 (recepimento della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE), che hanno dato luogo al Progetto IdroGEO¹³, consistente in una piattaforma per la consultazione, il download e la condivisione di dati, mappe, report, documenti dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia - IFFI (dal 2005), delle mappe nazionali di pericolosità per frane e alluvioni e degli indicatori di rischio. La piattaforma IdroGEO è raggiungibile al seguente link, con modalità di consultazione interattiva che consente anche di interrogare il singolo comune: <https://idrogeo.isprambiente.it/app/pir?@=41.55172525894153,12.57350148381829,1>

Il quadro di sintesi è riportato nella figura seguente:

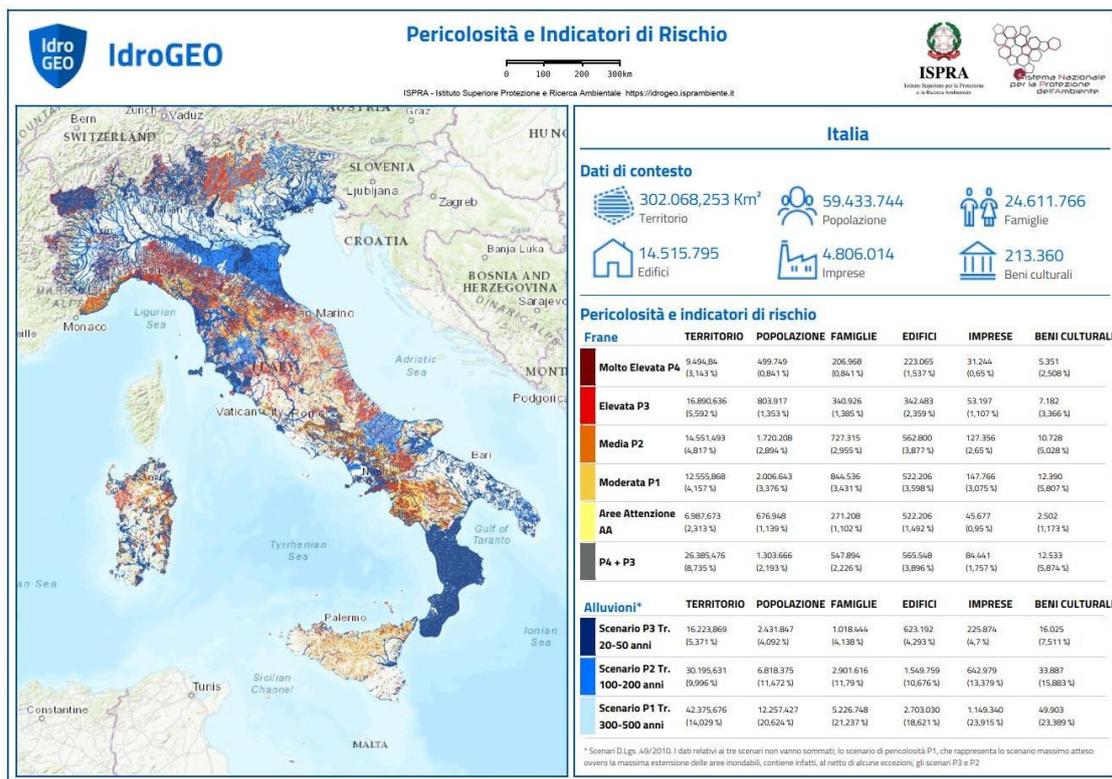


Figura 3.2: quadro di riferimento aggiornato sulla pericolosità per frane e alluvioni, sull'erosione costiera e sugli indicatori di rischio relativi a popolazione, famiglie, edifici, imprese e beni culturali. I dati del Rapporto rappresentano un utile strumento a supporto delle politiche di mitigazione del rischio¹⁴.

In ambito regionale e locale, con riferimento ad un dato progetto di pianificazione urbanistica o di edificazione abitativa, la verifica di dettaglio della pericolosità geologica e idrogeologica sito-specifica può essere affinata mediante la consultazione dei Piani di Bacino regionali. In particolare, la Regione Autonoma

¹³ Fonte dati: link [Rapporto ISPRA 2021 su Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio](#)

¹⁴ Fonte: ISPRA - Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio - Edizione 2021

https://www.isprambiente.gov.it/files2022/pubblicazioni/rapporti/rapporto_dissesto_idrogeologico_italia_ispra_356_2021_finale_web.pdf



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

della Sardegna è dotata di diversi strumenti pianificatori specifici coordinati dall'Autorità di Bacino, tra cui i due principali, ai fini del presente Documento, sono i seguenti:

- il *Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)*, previsto dalla Direttiva 2007/60/CE e dal D.Lgs. 49/2010, finalizzato alla riduzione delle conseguenze negative sulla salute umana, sull'ambiente e sulla società derivanti dalle alluvioni. Esso individua interventi strutturali e misure non strutturali che devono essere realizzate nell'arco temporale di 6 anni, al termine del quale il Piano è soggetto a revisione ed aggiornamento. Con la Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 14 del 21/12/2021 è stato approvato il PGRA per il secondo ciclo di pianificazione (link di riferimento: <https://www.regione.sardegna.it/pianogestionerischioalluvioni/>);
- il *Piano Stralcio di Bacino per l'assetto Idrogeologico (PAI)*, riferito al bacino unico regionale, redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione. Il PAI è stato approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.67 del 10.07.2006, con le sue Norme di Attuazione e con tutti i suoi elaborati descrittivi e cartografici, e rappresenta lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, oltre alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato. Il Piano è costituito essenzialmente da una parte "Frane" (comprendente anche i *sinkhole*) e da una parte "Idraulica" (integrata nel 2015 dal Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, PSFF). Il PAI ha valore di piano territoriale di settore e prevale sui piani e programmi di settore di livello regionale, pertanto esso è costantemente aggiornato, anche su impulso dei Comuni, mediante proposte di varianti, integrazioni e studi di maggiore dettaglio. Per queste sue caratteristiche, il PAI incide fortemente sulla pianificazione urbanistica generale e particolareggiata, potendo condizionare già in origine persino le scelte tecniche delle stesse aree di insediamento, delle singole tipologie di opere edili e finanche delle loro destinazioni d'uso, con esplicito riferimento alla salvaguardia della salute e della vita umana (link di riferimento: <http://www.regione.sardegna.it/index.php?xsl=510&s=149037&v=2&c=8376&t=1&tb=8374&st=13&slu=1&tb=8374&st=13>).

Nella figura che segue è riportato un esempio di perimetrazione PAI della Sardegna alla scala comunale.

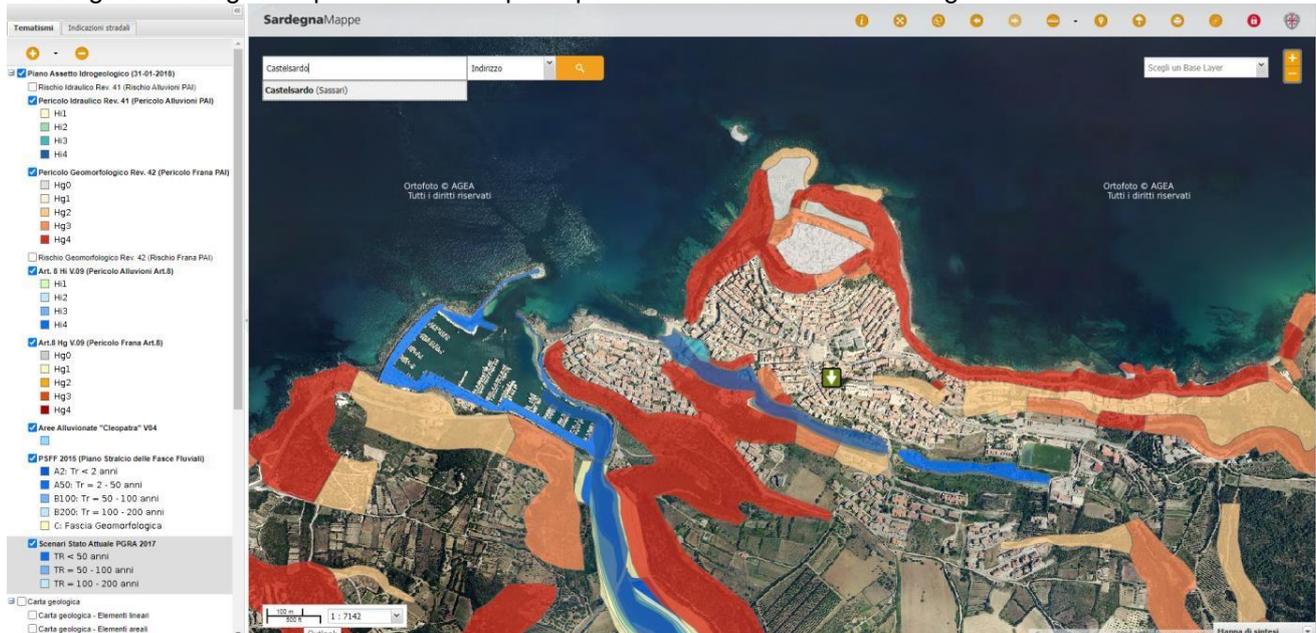


Figura 3.3: esempio di videata con la mappatura PAI di dettaglio (tonalità di rosso: pericolosità per frane; tonalità di azzurro: pericolosità per alluvioni) consultabile sul Geoportale regionale. Le diverse campiture colorate, indicanti diversi gradi di pericolosità, implicano anche specifiche tipologie di opere edili e altri interventi ammissibili al loro interno, con le relative limitazioni urbanistiche.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Le disposizioni del titolo V delle Norme di Attuazione del PAI disciplinano il coordinamento tra il PAI e i contenuti e le misure del PGRA, al fine di assicurare nell'intero territorio della Regione Sardegna, la riduzione delle conseguenze negative per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali derivanti dalle alluvioni.

In merito agli impatti sanitari legati al rischio idraulico ed idrogeologico, le evidenze scientifiche finora prodotte sono poche; tuttavia, viene generalmente riconosciuto che le precipitazioni intense possono determinare l'incremento di agenti microbiologici nelle acque superficiali e dunque deteriorare la risorsa idrica, costituendo un potenziale rischio per la salute dell'uomo e degli animali. L'aumento repentino della concentrazione di patogeni microbici nell'acqua che affluisce agli impianti di potabilizzazione può determinare un temporaneo malfunzionamento dei sistemi di trattamento e dunque dar luogo alla necessaria interruzione della fornitura di acqua. Infatti, il consumo di acqua contaminata da tali agenti può dar luogo a malattie infettive, in particolare infezioni gastroenteriche nei bambini, oltre a danni per contatto diretto (dermatiti, congiuntiviti, infezioni a gola, naso e orecchie).

Nelle abitazioni interessate dalle alluvioni, sono da segnalare i rischi per la salute legati alla crescita delle muffe e delle spore all'interno degli edifici. Le prime possono formarsi sulle superfici umide e bagnate di pareti e solai già nelle 24-48 ore successive all'evento alluvionale. I problemi legati all'inalazione di grandi quantità di spore consistono in reazioni allergiche, asma e altri problemi respiratori. Inoltre, diversi studi hanno segnalato problemi di salute mentale (malattie da stress post-traumatico, ansia e depressione) e aumento dei disturbi psichici. L'aver vissuto un disastro naturale, in termini di traumi fisici e perdite affettive e dei propri beni materiali, espone la popolazione colpita a un notevole stress che può manifestarsi per periodi anche lunghi dopo l'evento. Uno studio americano ha evidenziato un maggior numero di disturbi da stress e depressione tra le popolazioni di basso livello socio-economico¹⁵. Come per altri rischi ambientali, quali le ondate di calore, i soggetti maggiormente esposti e vulnerabili ai rischi sanitari indotti dagli eventi calamitosi sono, oltre gli individui più fragili (bambini, anziani, donne in gravidanza, ecc.), coloro che risiedono in contesti maggiormente deprivati. Questi, in genere, dispongono di minori risorse per rispondere tempestivamente e con efficace approccio di adattamento alle conseguenze di un evento di dissesto idrogeologico.

Anche in questo contesto, per mitigare gli impatti sanitari sulla salute sono fondamentali adeguati sistemi di previsione e allertamento per il rischio idrogeologico e idraulico, oltre ai necessari Piani di Protezione Civile delle singole amministrazioni comunali, finalizzati, tra l'altro, alla gestione delle emergenze e alla tutela della salute della popolazione e, soprattutto, dei soggetti più vulnerabili.

A tal proposito, in Sardegna, con Decreto del Presidente della Regione n. 156 del 30.12.2014, la Giunta Regionale ha dichiarato l'operatività del Centro Funzionale Decentrato (CFD) della Regione Sardegna, dando completa attuazione alle disposizioni della Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 27 febbraio 2004 "*Indirizzi operativi per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento nazionale e regionale per il rischio idrogeologico e idraulico ai fini di protezione civile*".

La finalità del Centro Funzionale Decentrato della Regione Sardegna è di fornire un servizio continuativo, per tutti i giorni dell'anno, di supporto alle decisioni delle autorità competenti per le allerte e per la gestione dell'emergenza e di assolvimento delle necessità operative dei sistemi di protezione civile. Il CFD della Regione Sardegna opera per ambiti di rischio, al fine di supportare la risposta del sistema di protezione civile regionale a tutti i rischi prevedibili. Sono attivi l'ambito del rischio idrogeologico e idraulico e l'ambito del rischio degli incendi boschivi. Inoltre, il CFD dirama:

- avvisi di condizioni meteorologiche avverse
- bollettini e avvisi per il rischio idrogeologico
- bollettini di previsione di pericolo incendio boschivo.

I suddetti documenti sono scaricabili al seguente link:

<https://www.sardegnaambiente.it/index.php?xsl=2685&s=20&v=9&c=12428&nodesc=3&n=9&bx=2&idr=1&dx=2&rl=1>

¹⁵ Cambiamenti climatici, alluvioni e impatto sulla salute (P. Michelozzi, F. de'Donato, 2022. Il Pensiero Scientifico Editore. *Recenti Prog Med* 2014;206:48-50).



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Gli aspetti sopra delineati rappresentano alcuni dei temi centrali da tenere in considerazione per avviare e sostenere nel tempo il complesso processo di *rigenerazione urbana*, orientato a migliorare la qualità della vita delle persone, da un lato, attraverso il recupero e la riqualificazione del patrimonio edilizio esistente e, dall'altro, attraverso la corretta integrazione di nuove funzioni e servizi urbani in relazione alle specificità del sito. L'interazione tra gli edifici e il contesto insediativo è un aspetto cruciale della rigenerazione urbana, così come è fondamentale valutare l'aspetto estetico e funzionale degli edifici, che può avere un impatto significativo sulla qualità dell'ambiente urbano in cui sono inseriti.

I punti di attenzione della rigenerazione urbana sono molteplici e comprendono, tra l'altro, i seguenti obiettivi¹⁶:

- ridurre il consumo del suolo con la conseguente perdita di aree naturali e agricole, erosione e impermeabilizzazione dei suoli e aumento dei rischi idrogeologici;
- organizzare gli spazi aperti affinché siano accoglienti e vivibili e che promuovano l'inclusione sociale e la connessione tra i residenti;
- ridurre i fabbisogni energetici degli edifici e ottimizzare la gestione della domanda attraverso sistemi di monitoraggio dei consumi con interfacce intuitive per gli utenti;
- promuovere le migliori tecnologie di produzione energetica da fonti rinnovabili efficacemente integrate negli edifici e nel contesto insediativo;
- ridurre la vulnerabilità dell'ambiente costruito da eventi atmosferici estremi al fine di aumentarne la resilienza anche attraverso soluzioni di adattamento *basate sulla natura* (si veda il capitolo 3.3. per approfondimenti) finalizzate a mitigare gli effetti avversi delle ondate di calore e dell'isola urbana di calore;
- migliorare la qualità urbana con proposte di intervento che tutelino e valorizzino la ricchezza dei valori storici e identitari del contesto, del capitale culturale locale e di quello naturale. In quest'ambito rientrano anche le misure volte a riorganizzare i tessuti urbanizzati per determinare un adeguato mix funzionale di servizi e integrare le forme di mobilità attiva e sostenibile;
- valorizzare il patrimonio edilizio esistente favorendo, con un approccio architettonico unitario, l'integrazione di spazi aperti (es. piazze, verde urbano) fra gli edifici;
- promuovere l'utilizzo di materiali e componenti per l'edilizia di elevata qualità ecologica per il loro intero ciclo di vita, riutilizzabili e riciclabili.

Finalità
Effettuare l'analisi degli elementi ambientali e climatici del sito al fine di consentire il soddisfacimento del benessere fisico, mentale e sociale del singolo individuo. Valutare la compatibilità tra le destinazioni d'uso dei locali presenti nell'edificio (o di edifici adiacenti) e le interazioni con le attività svolte nell'ambiente circostante, garantendo l'assenza di elementi di rischio e di disturbo che possono scaturire dalla compresenza nel sito di attività eterogenee. Orientare gli interventi secondo i principi della rigenerazione urbana, nell'ottica di migliorare la qualità e la funzionalità del tessuto urbano esistente.
Obiettivi prestazionali sanitari e ambientali
<ul style="list-style-type: none">• Analizzare i parametri ambientali più significativi e caratteristici del luogo in cui è (o sarà) ubicato l'edificio (o il complesso edilizio).• Porre l'attenzione sui fattori peculiari del territorio, di tipo naturale e antropico, che possono determinare impatti negativi sull'ambiente, sulla salute e sulla qualità di vita della popolazione nonché identificare le soluzioni progettuali di mitigazione di tali impatti.• Garantire a tutti gli utenti la piena fruizione dei luoghi e dei servizi insiti nel contesto, attraverso la progettazione di un tessuto insediativo che, pur mantenendo i caratteri e i valori identitari del sito, possa assicurare la percezione di sicurezza, decoro e pulizia, e che sia orientato al mantenimento del benessere psicofisico, anche attraverso la disponibilità di spazi verdi ad uso pubblico.

¹⁶ Carta per la rigenerazione urbana delle green city. Per uscire dalla crisi, dopo la pandemia, con più cura per il nostro futuro. Green City Network. <https://www.greencitynetwork.it/documenti/>



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Buone pratiche

Analisi del Sito

1. *Indagine sulla variabilità locale dei parametri meteoroclimatici*

Attuare un'indagine sulla variabilità locale dei parametri meteo-climatici del sito, valutando anche il peso di variabili clima-forzanti quali la quota, la distanza dal mare e l'esposizione rispetto ai punti cardinali. Qualora non dovessero emergere, anche da un'analisi di massima, differenze sostanziali tra le forzanti, effettuare un'analisi climatologica su un'area vasta definita preliminarmente.

La suddetta analisi climatica si può avvalere di dati derivanti da stazioni meteorologiche conformi ai dettami del World Meteorological Organization (WMO). Disponendo di una sufficiente serie storica di dati (almeno un trentennio) è possibile caratterizzare adeguatamente l'area di studio. Ci si riferisce, in particolare, alle seguenti grandezze meteorologiche in grado di incidere sull'ambiente interno all'edificio: 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), cumulo climatico di precipitazione (annuale e mensile).

2. *Analisi delle caratteristiche orografiche del sito*

La contestualizzazione climatica deve tener conto delle forzanti climatiche di cui al precedente punto. Pertanto, è opportuna una caratterizzazione dell'area di intervento, considerando la geo-localizzazione del sito mediante l'ausilio di sistemi informativi territoriali, mettendo in evidenza l'esposizione rispetto ai punti cardinali, l'acclività del territorio circostante, l'uso del suolo, gli sviluppi urbani, la presenza di corpi idrici e della rete idrografica superficiale 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 Meteoroclimatico ARPAS e disponibili nel sito internet: <http://www.sar.sardegna.it/>.

3. *Analisi dei dati di monitoraggio degli inquinanti*

Effettuare l'analisi dei dati di monitoraggio (relativi alle ultime cinque annualità complete) dei principali inquinanti dell'aria. In particolare, possono essere analizzati: il particolato (PM10 e PM2,5), il biossido di zolfo (SO₂), il monossido di carbonio (CO), gli ossidi di azoto (NO_x), l'ozono (O₃) e il benzene (C₆H₆). Gli strumenti di pianificazione regionale (e laddove disponibili anche quelli provinciali e comunali) riportano le informazioni sulla qualità dell'aria negli elaborati conoscitivi.

Geolocalizzare le eventuali sorgenti di contaminanti, siano esse naturali o artificiali, presenti nel raggio di 0,5 km dal sito, 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.sardegnaasira.it/web/sardegnaambiente/qualita-aria>.

Individuare, in prossimità del complesso edilizio (esistente o di futura realizzazione), la presenza di cave, materiali contenenti amianto, 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 ecc. 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.

Limitare l'uso di terreni naturali per la realizzazione di nuove costruzioni e prediligere l'edificazione in aree in cui, precedentemente all'intervento, siano già presenti strutture edilizie e/o infrastrutture, o aree che in passato hanno ospitato attività inquinanti poi dismesse, che sono assoggettate ad interventi di bonifica secondo quanto previsto dal D.Lgs. 152/06, al fine di renderle compatibili con l'edificabilità (vedasi il criterio prestazionale A.1.5 *Riutilizzo del territorio* della UNI/PdR 13:2019 riportato nella sezione Approfondimenti" del presente capitolo).

4. *Analisi delle caratteristiche geologiche e idrogeologiche del sito*

Effettuare l'analisi geologica e idrogeologica dell'area in cui sorge l'edificio (o del sito di futura edificazione) e fornire gli elementi di valutazione dei fattori che possono interagire con l'insediamento e che possono dar



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

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 radon), le condizioni di pericolosità legate a fenomeni di dissesto idrogeologico (si veda quanto precedentemente illustrato), 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, dei vespai e dei volumi interrati – anche attraverso vie geostrutturali, quali faglie, giunti principali e sistemi di giunti in genere. Infatti, 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.

5. *Analisi dell'esposizione alla luce solare*

Valutare il soleggiamento giornaliero dell'edificio in relazione ai cicli stagionali, all'orientamento dell'edificio e alle caratteristiche morfologiche del sito, con particolare attenzione alla presenza di eventuali ostruzioni che possono limitare la disponibilità di luce solare (es. edifici vicini all'area di intervento, alberature ad alto fusto, ecc.). Per tale punto si rimanda agli aspetti esplicitati con maggior dettaglio nel capitolo 3.4 del presente Documento.

6. *Analisi del contesto acustico*

Valutare il contesto acustico del sito in cui è presente l'edificio, o in cui esso dovrà sorgere, identificando le possibili sorgenti acustiche e le relative entità delle emissioni sonore, valutandone sia il singolo impatto sia l'impatto cumulato. Identificare le soluzioni progettuali finalizzate a garantire l'idoneo contesto acustico in accordo con la vigente normativa.

7. *Analisi dell'inquinamento elettromagnetico*

Identificare, in un intorno di 150 m dal sito, la presenza di sorgenti di campi elettromagnetici a bassa frequenza (es. linee elettriche, cabine di trasformazione), anche attraverso l'ausilio di informazioni reperite dagli Enti gestori degli apparati emittenti.

Identificare, in un intorno di 200 m dal sito, la presenza di sorgenti di campi elettromagnetici ad alta frequenza (es. antenne per la telefonia mobile) anche attraverso l'ausilio di informazioni reperite dagli Enti gestori dei dispositivi emittenti.

8. *Analisi della disponibilità di fonti energetiche rinnovabili*

Effettuare la ricognizione e analisi degli impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili (impianti eolici, fotovoltaici, geotermici, ecc.) esistenti nel territorio limitrofo all'insediamento al fine di valutare il possibile sfruttamento di tali risorse energetiche per assicurare il parziale o totale fabbisogno energetico dell'edificio esistente o di futura realizzazione.

Interazione edificio – contesto

Garantire un rapporto equilibrato tra gli elementi della progettazione e i caratteri naturali e insediativi dell'ambiente circostante, curando gli aspetti percettivi dell'intervento (dominanza visiva, livelli di privacy, percezione di sicurezza, ecc.).

Perseguire la valorizzazione del paesaggio attraverso l'adozione di misure volte ad amplificare l'armonia e la compatibilità tipologica (tipologia insediativa, soluzioni tecnologiche, materiali) e morfologica (giusta proporzione dei volumi e degli elementi percettivi previsti in progetto) tra nuovo ed esistente, sia in termini di percezione dei luoghi, sia in relazione agli aspetti strettamente legati alla destinazione d'uso delle strutture.

Limitare 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.

Limitare l'entità dei lavori finalizzati alla realizzazione delle nuove reti infrastrutturali di servizio alle utenze (reti elettriche, idriche, gas, ecc.) localizzando le costruzioni quanto più vicine alle reti esistenti.

Pianificare la destinazione d'uso degli ambienti interni dei singoli locali, analizzando la compatibilità tra le attività che si svolgono (o si svolgeranno) al loro interno.

Progettare e mettere in atto soluzioni tecniche per il mascheramento degli impianti a servizio delle strutture (cavidotti, gasdotti, impianti di condizionamento, ecc.), curando in particolare l'ubicazione dei sistemi di



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

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

Curare l'ubicazione degli impianti e dispositivi a servizio degli edifici in modo da evitare l'inquinamento acustico e/o atmosferico o altre situazioni di molestia, che possano arrecare danni alla salute o ridurre il benessere psico-fisico.

Favorire la mobilità pedonale e l'uso della rete di trasporto pubblico locale in sostituzione ai veicoli privati, ubicando le nuove costruzioni quanto più vicine ai nodi di tali reti.

Ottimizzare la distribuzione funzionale del contesto insediativo attraverso la pianificazione del rapporto tra servizi e spazi accessori (infrastruttura viaria, verde pubblico e piazze, parcheggi, ecc.), considerando le specifiche esigenze dettate dalla presenza di ospedali, ambulatori, scuole, ecc.

Prevedere, o inserire nel contesto esistente, infrastrutture distinte per il trasporto attivo pedonale e ciclo-pedonale, opportunamente schermate dal traffico veicolare e realizzate utilizzando materiali resistenti, antiscivolo e con basso indice di riflessione solare (albedo). Garantire la moderazione del traffico veicolare (aree a velocità di traffico ridotto) laddove vi è una elevata frequentazione pubblica e, in particolare, all'interno del tessuto prettamente residenziale. Favorire la *mobilità green*¹⁷ attraverso la predisposizione di appositi punti di ricarica dei veicoli elettrici nei parcheggi di pertinenza degli edifici. Per ulteriori approfondimenti sul tema della *mobilità sostenibile* si rimanda al capitolo 3.2 del presente documento.

Strumenti di verifica

Documentazione progettuale contenente l'analisi dei dati raccolti inerenti al sito di edificazione, ed in particolare:

- dati meteorologici dell'area;
- caratteristiche orografiche, geologiche e vegetazionali del sito;
- dati sugli inquinanti ambientali e le principali sorgenti di contaminazione ambientale;
- dati relativi al soleggiamento e all'interazione dell'insediamento con le ombre portate dalle ostruzioni circostanti (naturali e antropiche);
- geolocalizzazione delle sorgenti di emissione di campi elettromagnetici ad alta e bassa frequenza ed i relativi dati di emissione;
- dati relativi al contesto acustico dell'area.

Documentazione progettuale contenente la sintesi dei dati raccolti inerenti al contesto in cui si sviluppa l'ambiente costruito, ed in particolare:

- rilievo descrittivo dei caratteri naturali, antropici e storici (edifici, ruderi, tracciati, colture, visuali ecc.) della struttura del sistema paesaggistico di riferimento, delle caratteristiche formali, compositive, tecnologiche e stilistiche che, consolidate nel tempo, caratterizzano gli edifici (utilizzo dei materiali nel contesto, tipologie edilizie, orientamento, disponibilità della luce, essenze arboree), al fine di individuare il "paesaggio" in rapporto al quale valutare le strategie progettuali;
- descrizione delle regole compositive e spaziali, dei materiali e delle tecnologie costruttive dell'intervento, che evidenzino l'adattamento dello stesso alle forme dell'ambiente urbano/rurale/industriale di riferimento;
- indicazione della distribuzione funzionale del progetto, orientamento dei fabbricati, spazi funzionali pubblici e privati, aperti e chiusi), degli accorgimenti adottati per la privacy (sezioni e con visivi sui percorsi pubblici prospicienti aree private) e per migliorare la sicurezza reale e percepita;
- se reperibile, descrizione letteraria dei luoghi;
- documentazione fotografica, coni ottici, sezioni ambientali, immagini grafiche, rendering ecc., per valutare l'impatto dell'intervento nel contesto;
- approfondimenti necessari sulle componenti del benessere maggiormente compromesse dalla compresenza di diverse attività e scenari di utilizzo degli spazi.
- strategie progettuali che si intendono adottare per l'adattamento dell'intervento al contesto;
- scelte sui criteri di ubicazione del sito di edificazione in relazione all'accessibilità degli occupanti ai servizi di trasporto pubblico e alla vicinanza alle reti infrastrutturali esistenti;

¹⁷ Conosciuta anche come *mobilità sostenibile*, indica un sistema orientato a ridurre gli impatti sull'ambiente legati al settore trasporti, in particolare l'inquinamento atmosferico e acustico correlato ai mezzi di trasporto tradizionali: La mobilità green ha inoltre l'obiettivo di mitigare il congestionamento veicolare incentivando l'uso di mezzi di trasporto pubblico e la mobilità ciclopedonale, oltre che ridurre i costi individuali e collettivi in genere associati ai sistemi di trasporto tradizionali.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

- scelte sulla distribuzione delle funzioni del complesso insediativo e sugli accorgimenti finalizzati a garantire la migliore fruibilità dei luoghi e dei servizi da parte della popolazione, anche in relazione alla eliminazione di fattori (strutturali, organizzativi, ambientali) che potrebbero dar luogo a condizioni di diseguità e alla generazione di elementi di riduzione del benessere generale degli individui;
- scelte progettuali volte a favorire la mobilità pedonale, la *mobilità green* e lo svolgimento, in apposite aree attrezzate di pertinenza dell'edificio, di attività ludiche/ricreative/sportive;
- scenari multipli di utilizzo degli ambienti interni dell'edificio in relazione alle differenti attività compresenti nell'edificio stesso e nel contesto, evidenziando le strategie di mitigazione dei fattori che possono arrecare condizioni di reciproco disturbo.

Approfondimenti

La prassi di riferimento UNI/Pdr 13:2019, elaborata a partire del Protocollo ITACA, contiene una specifica area di valutazione relativa alla qualità del sito di edificazione (Area A: Qualità del sito) comprendente due categorie, A.1 *Selezione del Sito* e A.3 *Progettazione dell'area*, articolate nei seguenti criteri di valutazione finalizzati a caratterizzare le performance dell'edificio:

AREA A	CODICE CRITERIO	NOME CRITERIO
A.1 - Selezione del Sito	A.1.5	<i>Riutilizzo del territorio</i>
	A.1.6	<i>Accessibilità al trasporto pubblico</i>
	A.1.8	<i>Mix funzionale dell'area</i>
	A.1.10	<i>Adiacenza a infrastrutture</i>
A.3 Progettazione dell'area	A.3.3	<i>Aree esterne di uso comune attrezzate</i>
	A.3.4	<i>Supporto all'uso di biciclette</i>
	A.3.7	<i>Uso di specie arboree locali</i>
	A.3.10	<i>Supporto alla mobilità green</i>

Di seguito, per vie brevi, si riportano gli aspetti principali relativi ad alcuni dei criteri di valutazione sopra riportati. Si rimanda al capitolo 3.2 del presente Documento per quelli che riguardano specificatamente gli aspetti della mobilità sostenibile in ambito urbano.

A.1.5 *Riutilizzo del territorio*

Il presente criterio, applicabile unicamente per interventi di nuova costruzione, è finalizzato a verificare le caratteristiche dell'area del lotto di edificazione in relazione al grado di naturalità dell'area stessa, valutata in quattro categorie:

- B_i. Area con caratteristiche del terreno allo stato naturale;
- B_{ii}. Area verde e/o sulla quale erano ospitate attività di tipo agricolo;
- B_{iii}. Area occupata da strutture edilizie o infrastrutture;
- B_{iv}. Area sulla quale sono state svolte (o sono in programma) operazioni di bonifica del sito (secondo quanto previsto dal D.Lgs. n.152/06).

Calcolata l'estensione superficiale complessivamente attribuibile ad ogni suddetta categoria, è possibile calcolare un indicatore di prestazione che può essere successivamente confrontato con l'apposita scala prestazionale indicata nella scheda. Tale criterio ha come specifica esigenza quella di promuovere, nella selezione del sito per le nuove costruzioni, l'utilizzo di aree che, precedentemente all'intervento, risultano già antropizzate limitando così l'uso di suoli ad alta naturalità.

A.1.10 *Adiacenza a infrastrutture*

Tale criterio prestazionale è finalizzato a favorire la realizzazione di edifici in prossimità di reti infrastrutturali (rete elettrica, acquedotto, rete fognaria, rete gas) già esistenti al fine di limitare la costruzione di nuove reti ed evitare così gli impatti ambientali correlati alla realizzazione di tali opere. Il punteggio prestazionale per il criterio in esame è correlato alla lunghezza delle nuove reti che è necessario realizzare per l'allaccio dell'edificio alle reti esistenti.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

A.3.3 Aree esterne di uso comune attrezzate

Tale criterio, applicabile unicamente ad interventi di nuova costruzione di edifici provvisti di aree esterne pertinenziali, è volto a favorire l'utilizzo degli spazi esterni di uso comune e la dotazione degli stessi di attrezzature necessarie per le soste in tali aree (panchine, gazebo, tavoli ecc.), per le attività di aggregazione, le attività ludiche/ricreative (es. aree gioco per bambini) e sportive (es. attrezzature per attività ginniche). Il punteggio prestazionale, pertanto, è correlato alla presenza nelle aree di pertinenza dell'edificio di spazi attrezzati atti a favorire lo svolgimento di tutte o di parte delle suddette funzioni e attività.

A.3.7 Uso di specie arboree locali

Il criterio si applica solo agli edifici non residenziali (edifici per uffici, scolastici, industriali, commerciali e ricettivi) qualora siano presenti aree esterne pertinenziali. Il criterio prestazionale persegue la finalità di favorire la conservazione degli habitat e la sistemazione delle aree verdi con l'uso di specie arboree e arbustive autoctone. L'indicatore del criterio in esame è basato sul calcolo del rapporto percentuale fra la superficie piantumata con specie arboree e arbustive autoctone e la superficie esterna di pertinenza.

Per l'analisi dettagliata dei criteri sopra riportati si rimanda alle relative schede del documento UNI/PdR 13.1:2019 per gli edifici residenziali e UNI/PdR 13.2:2019 per gli edifici non residenziali.

A titolo di esempio, si riporta di seguito la scheda relativa al criterio A.1.5 *Riutilizzo del territorio* tratto dalla UNI/PdR 13.1:2019 *Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità - Edifici residenziali*.



SCHEDA CRITERIO A.1.5 – RIUTILIZZO DEL TERRITORIO

QUALITÀ DEL SITO	NUOVA COSTRUZIONE	A.1.5
A.1 Selezione del sito		
Riutilizzo del territorio		

Il criterio è applicabile unicamente a interventi di nuova costruzione. Per l'analisi di progetti di ristrutturazione il criterio è da disattivare ovvero da escludere dalla valutazione complessiva.

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
A. Qualità del sito	A.1 Selezione del sito	
ESIGENZA	PESO DEL CRITERIO	
Favorire l'uso di aree contaminate, dismesse o precedentemente antropizzate.	nella categoria	nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	UNITA' DI MISURA	
Livello di utilizzo pregresso dell'area di intervento.	-	
SCALA DI PRESTAZIONE		
	-	PUNTI
NEGATIVO	<0	-1
SUFFICIENTE	0	0
BUONO	3	3
OTTIMO	5	5

Metodo e strumenti di verifica

1. Calcolare l'area complessiva del lotto di intervento.

Individuare l'area del lotto di intervento e calcolarne l'estensione superficiale complessiva, A [m²].

2. Suddividere il lotto in aree riconducibili agli scenari indicati in "Metodo e strumenti di verifica".

In base alle condizioni pre-intervento, verificare le caratteristiche dell'area del lotto e suddividere quest'ultimo in aree che siano omogeneamente attribuibili alle seguenti categorie:

- Bi. Area con caratteristiche del terreno allo stato naturale;
- Bii. Area verde e/o sulla quale erano ospitate attività di tipo agricolo;
- Biii. Area occupata da strutture edilizie o infrastrutture;
- Biv. Area sulla quale sono state svolte (o sono in programma) operazioni di bonifica del sito (secondo quanto previsto dal D.Lgs. n.152/06).



UNI/PdR 13.1:2019

QUALITÀ DEL SITO

NUOVA COSTRUZIONE

A.1.5

A.1 Selezione del sito

Riutilizzo del territorio

Nota 1 Ai fini della verifica del criterio per terreno allo stato naturale (cat. Bi) si intende il terreno che si è formato sotto l'influenza di pedogenetici naturali (acqua, vento, temperatura, piante, animali, etc.). Esso ospita eventualmente una vegetazione spontanea quasi sempre composta da più specie in associazione ed in equilibrio con l'ambiente.

Nota 2 Ai fini della verifica del criterio per area verde appartenente alla categoria Bii si intende un'area sistemata a verde che non rientra nella categoria Bi, ad esempio superfici destinate a colture agricole o sistemate a prato o a giardino.

Nota 3 Le aree attribuibili alla categoria Biii sono le aree del lotto che precedentemente all'intervento risultavano occupate da strutture edilizie e/o infrastrutture, quali immobili, strade, parcheggi, etc.

Nota 4 Le aree attribuibili alla categoria Biv sono le aree del lotto che precedentemente all'intervento hanno ospitato attività inquinanti poi dismesse e che sono assoggettate ad interventi di bonifica secondo quanto previsto dal D.Lgs. 152/06 al fine di renderle compatibili con l'edificabilità.

3. Calcolare l'estensione di ciascuna delle aree individuate al punto precedente.

Con riferimento alla suddivisione dell'area del lotto secondo le superfici individuate nel punto precedente, calcolare l'estensione superficiale complessivamente attribuibile a ogni categoria.

4. Calcolare il livello di utilizzo pregresso del sito.

Calcolare l'indicatore di prestazione, ovvero il livello di utilizzo pregresso del sito, tramite la formula:

$$\text{Indicatore} = \frac{B_i}{A} \cdot (-1) + \frac{B_{ii}}{A} \cdot (0) + \frac{B_{iii}}{A} \cdot (3) + \frac{B_{iv}}{A} \cdot (5) \quad (1)$$

dove:

- B_i = superficie complessiva delle aree del lotto con caratteristiche del terreno allo stato naturale, [m²];
- B_{ii} = superficie complessiva delle aree del lotto a verde e/o sulle quali erano ospitate attività di tipo agricolo, [m²];
- B_{iii} = superficie complessiva delle aree del lotto sulle quali vi erano strutture edilizie o infrastrutture, [m²];
- B_{iv} = superficie complessiva delle aree del lotto sulle quali sono state svolte (o sono in programma) operazioni di bonifica, [m²];
- A = superficie del lotto di intervento, [m²].

5. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

Per vie brevi, si evidenzia che anche nell'ambito degli interventi di edilizia pubblica si pone una notevole attenzione all'interazione tra l'ambiente costruito ed il contesto insediativo. Infatti, per quanto concerne l'inserimento naturalistico e paesaggistico degli interventi di nuova costruzione di edifici pubblici, i CAM Edilizia riportano lo specifico criterio 2.3.1 "Inserimento naturalistico e paesaggistico" che evidenzia la necessità di dovere garantire la conservazione degli habitat presenti nell'area di intervento (es. torrenti e fossi e la relativa vegetazione ripariale, i boschi, gli arbusteti, ecc.). È necessario garantire che questi siano il



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

più possibile interconnessi fisicamente tra loro e agli habitat esterni all'area di intervento. Gli stessi CAM Edilizia contengono ulteriori criteri relativi alle specifiche tecniche progettuali di livello territoriale ed urbanistico (sezione 2.3 dei CAM Edilizia), che hanno la finalità di garantire un livello minimo di qualità ambientale e urbana degli interventi edilizi e che includono, ad esempio, le opere relative alle aree di pertinenza dell'edificio (parcheggi, aree pedonali, aree pavimentate, aree verdi, ecc.) e le opere previste da piani attuativi (realizzazione di strade locali, piazze, percorsi pedonali e ciclabili, infrastrutture tecnologiche, ecc.). Nell'abito di applicazione dei CAM, il D.M. 23 giugno 2022 specifica che i criteri individuati sono obbligatori in base a quanto previsto dall'art. 34 del Decreto Legislativo 18 aprile 2016 n.50 (attualmente riorganizzato dal D.Lgs. n. 36 del 31/03/2023) e si applicano ai progetti che includono modificazioni dello stato dei luoghi (quali i progetti di nuova costruzione, i progetti di ristrutturazione urbanistica e i progetti di ristrutturazione edilizia), con lo scopo di:

- ridurre la pressione ambientale degli interventi sul paesaggio, sulla morfologia, sugli ecosistemi e sul microclima urbano;
- contribuire alla resilienza dei sistemi urbani rispetto agli effetti dei cambiamenti climatici;
- garantire livelli adeguati di qualità ambientale urbana (dotazioni di servizi, reti tecnologiche, mobilità sostenibile, ecc.).

La verifica dei criteri avviene tramite la Relazione CAM (i cui contenuti sono specificati nella sezione 2.2.1 del Decreto), nella quale deve essere evidenziato lo stato ante operam, gli interventi previsti, i conseguenti risultati raggiungibili e lo stato post operam.



3.2 Infrastrutture, mobilità sostenibile e *smart cities*

Impatti ambientali e sanitari

La Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo COM(2020) 789 del 9.12.2020, recante la “Strategia per una mobilità sostenibile e intelligente: mettere i trasporti europei sulla buona strada per il futuro”, mette in evidenza come la mobilità sia un fattore centrale nel sistema economico e sociale di uno Stato, in quanto da questa dipendono numerosi elementi su cui si fonda l’economia su scala globale e locale di una comunità, tra cui il funzionamento delle catene di approvvigionamento delle merci per i negozi e per la produzione industriale, il pendolarismo per necessità lavorative, oltre alle molteplici attività quotidiane del singolo individuo. I sistemi di trasporto e le infrastrutture viarie rappresentano un elemento fondamentale del tessuto urbano in quanto regolano e assicurano l’accesso della popolazione ai diversi servizi, consentendo lo svolgimento delle attività lavorative, sociali, ricreative, ecc.

Tuttavia, accanto al ruolo fondamentale e ai benefici dei trasporti per i cittadini e per l’economia, vi sono dei costi per la società, legati all’inquinamento atmosferico, acustico e idrico nonché agli incidenti stradali.

Secondo il Rapporto ISPRA 377/2022¹⁸, il sistema della mobilità tradizionale presente in Italia determina un costo annuo pari a 6 miliardi di euro per i danni causati dall’emissione di gas serra e 21 miliardi di euro annui correlati all’inquinamento atmosferico. Tali costi sono stimati in relazione al numero di anni di vita persi o alla qualità di vita persa a causa degli effetti sulla salute dovuti all’esposizione agli inquinanti atmosferici da traffico veicolare.

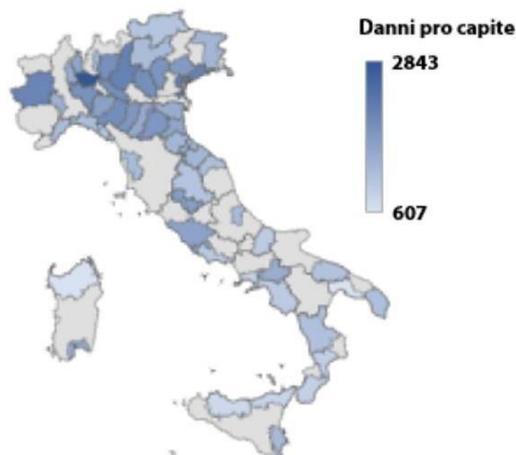


Figura 3.4: danno pro capite per inquinamento atmosferico nel 2018 (in milioni di euro). Fonte: Rapporto ISPRA 377/2022.

Negli agglomerati urbani la popolazione è esposta ad un mix di agenti fisici e chimici potenzialmente dannosi per la salute. Il processo di inquinamento atmosferico da traffico è originato dal fatto che i veicoli con motori termici (diesel, benzina, GPL) utilizzano sostanze idrocarburiche combustibili derivate dal petrolio o da gas naturali, dotate di notevoli potenzialità inquinanti e tossicologiche¹⁹. I veicoli diventano così sorgenti di sostanze inquinanti che si diffondono nell’atmosfera, quali gli ossidi di azoto (NO_x), gli ossidi di zolfo (SO_x), il monossido di carbonio (CO), l’anidride carbonica (CO₂), i composti organici volatili (COV), il benzene (C₆H₆), gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), il particolato (PM10 e PM2.5) e vari metalli pesanti quali cadmio,

¹⁸ Rapporto ISPRA 377/2022 – Sviluppo della mobilità sostenibile in Italia: un’analisi econometrica

¹⁹ Aspetti ambientali e sanitari del traffico veicolare nelle aree urbane della Sardegna. Documento descrittivo dell’attività integrata ATS Sardegna – ARPA Sardegna. Programma P-8.2 “Supporto alle Politiche Ambientali” - Azione P-8.2.1.4 Attività della rete finalizzata alla produzione di documento/i sulle attività integrate. Rete integrata per le tematiche ambiente e salute. https://www.regione.sardegna.it/documenti/1_38_20200817135636.zip (Sottocartella P-8.2.1 Program. integrata per la tematica ambiente e salute – documento in pdf “attività integrata per la tematica ambiente e salute”).



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

piombo e mercurio. Questi ultimi derivano anche dal consumo dei pneumatici e dei freni degli autoveicoli che, una volta depositati al suolo, possono essere dispersi in atmosfera a causa del vento o degli stessi flussi d'aria determinati dal transito delle auto²⁰.

Nel 2019, il settore dei trasporti in Italia è stato responsabile del 25,2% delle emissioni totali di gas serra, concausa dei sempre più evidenti cambiamenti climatici. Nel periodo 1990-2019, le emissioni del settore trasporti, con l'esclusione dei trasporti internazionali, sono aumentate del 3,2%, soprattutto a causa dell'incremento di anidride carbonica in atmosfera, di cui il trasporto stradale è certamente tra le principali fonti di emissione (Rapporto ISPRA 342/2021)²¹.

I rischi per la salute, associati all'inquinamento atmosferico causato dal traffico veicolare sono di particolare rilevanza per la salute pubblica. L'OMS nel rapporto "*Ambient Air Pollution: a global assessment of exposure and burden of disease*", descrive come l'inquinamento atmosferico abbia un impatto sulla salute di tutta la popolazione e indica come maggiori responsabili il PM2.5, gli ossidi d'azoto (NO_x) e l'ozono (O₃).

Nel merito, numerosi studi scientifici documentano gli effetti sanitari, acuti e cronici, dell'inquinamento atmosferico correlato al traffico veicolare. La figura seguente riporta in neretto diverse patologie con chiare evidenze scientifiche sull'associazione tra patologie ed inquinamento, in carattere normale quelle ancora in fase di studio.

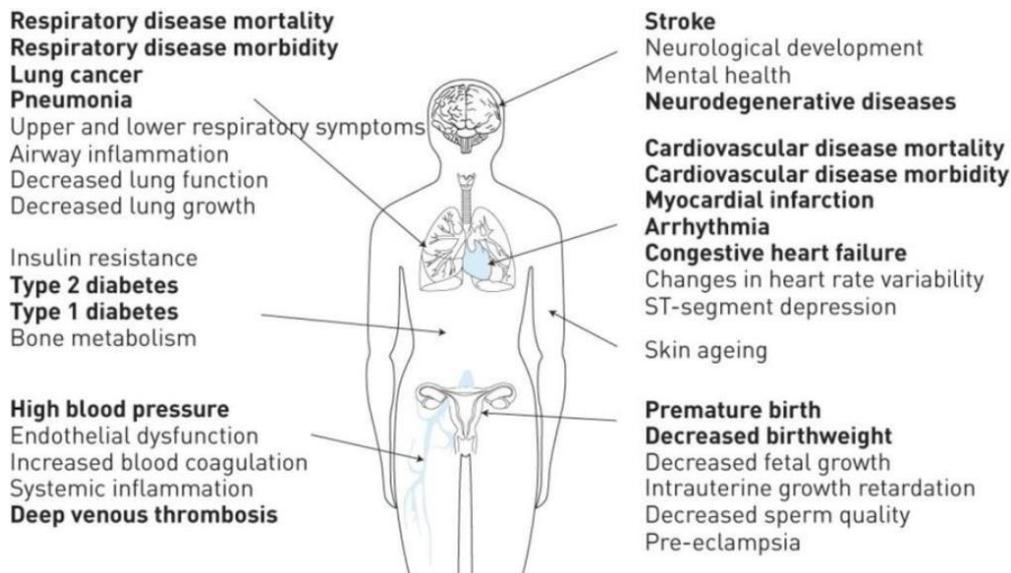


Figura 3.5: panoramica di malattie, condizioni e biomarcatori influenzati dall'inquinamento atmosferico esterno²².

L'apparato respiratorio è l'organo bersaglio per eccellenza dell'inquinamento atmosferico legato al traffico veicolare che è causa diretta di un aumento della frequenza delle patologie respiratorie (morbosità) quali bronco-pneumopatie croniche e croniche ostruttive, asma ecc., e dei tumori polmonari. Gli effetti si evidenziano con l'insorgenza di sintomi respiratori aspecifici quali: irritazione delle alte vie respiratorie, rinite, tosse, dispnea, nonché con la recrudescenza della sintomatologia respiratoria nei soggetti affetti da patologie polmonari.

Studi scientifici ed epidemiologici rilevano che l'esposizione all'inquinamento da traffico può causare una riduzione complessiva della funzione polmonare, in particolare nei bambini. Sono state dimostrate associazioni statisticamente significative per esposizione a NO₂, PM2.5 e PM10 e rischio di sviluppo di asma, soprattutto in età infantile. Inoltre, è stata rilevata l'associazione tra l'esposizione a lungo termine all'inquinamento dell'aria correlato al traffico presente in prossimità del luogo di residenza e la mortalità da

²⁰ EEA 2016 – Trasporti e salute (<https://www.eea.europa.eu/it/segnali/segnali-2016/articoli/trasporti-e-salute>)

²¹ Rapporto ISPRA 342/2021 – Italian Emission Inventory 1990-2019. Informative Inventori Report 2021.

²² Thurston G. D. et al., 2016. *Air pollution has many effects on health; this document provides guidance to judge the adversity of such effects.* European Respiratory Journal 2017 49: 1600419. Disponibile on-line al seguente link: <https://erj.ersjournals.com/content/49/1/1600419>



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

malattie cardiovascolari. Infatti, molte sostanze presenti nei gas di scarico degli autoveicoli possono causare uno stress ossidativo cellulare e attivare processi infiammatori che, a loro volta, possono essere alla base dello sviluppo di patologie e/o sintomi cardiovascolari. Per quanto riguarda gli esiti di salute che interessano specificatamente la popolazione infantile, gli studi attuali supportano l'ipotesi che l'inquinamento da traffico contribuisca allo sviluppo di asma e sussistono, inoltre, evidenze che lo sviluppo della leucemia in età pediatrica sia associata con l'esposizione al traffico residenziale durante il periodo postnatale, ma non durante il periodo prenatale. Occorre ricordare che gli effetti nocivi non sono causati da un singolo agente, bensì quasi sempre più fattori concorrono sinergicamente al potenziamento degli effetti negativi di salute¹⁹. Un'attenzione particolare, in termini di effetti negativi sulla salute, è rivolta al particolato aerodisperso PM10 (particelle di dimensioni inferiori o uguali a 10 micron di diametro in grado di penetrare nel tratto respiratorio superiore) e PM2.5 (particelle di dimensioni inferiori o uguali a 2,5 micron di diametro in grado di penetrare nel tratto tracheo-bronchiale), classificato dall'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) come un cancerogeno in Classe 1, ossia come sicuramente cancerogeno per l'uomo.

Gli effetti sanitari a breve termine, legati all'esposizione al particolato aerodisperso, sono: irritazione degli occhi, del naso e della gola, aggravamento dei sintomi delle malattie coronariche e respiratorie; mentre quelli a lungo termine comprendono patologie a carico dei polmoni e del cuore. Il particolato è considerato un inquinante a componenti multiple: oltre a costituire un fattore di rischio in sé stesso (indipendentemente dalla composizione chimica che lo caratterizza), è un vettore di numerosi agenti tossici e cancerogeni, quali metalli (es. arsenico, piombo, cadmio, nichel), idrocarburi policiclici aromatici IPA (es. Benzo(a)pirene), diossine e furani²³.

Per ulteriori approfondimenti su tali aspetti si rimanda al paragrafo “*Caratteristiche chimiche e tossicologiche dei principali inquinanti gassosi legati al traffico veicolare e relativi effetti sanitari*” presente nella sezione “*Approfondimenti*” del presente capitolo.

All'inquinamento atmosferico si affianca anche l'inquinamento acustico prodotto dagli autoveicoli, che può avere un impatto significativo sulla salute e più in generale, sul benessere dell'individuo. Si stima che 125 milioni di cittadini europei (uno su quattro) siano esposti a livelli di rumore derivato dal traffico veicolare superiori a un livello medio diurno, serale e notturno annuo di 55 decibel (55 dB L_{den}). A causa dell'incompletezza dei dati comunicati, queste cifre potrebbero essere in realtà significativamente più elevate. L'esposizione a lungo termine, durante il periodo diurno, può portare, tra l'altro, a un aumento della pressione arteriosa e a malattie cardiovascolari mentre, nelle ore notturne, può causare disturbi del sonno e avere ripercussioni negative sulla salute²⁴.

In risposta a tali problematiche, la Commissione Europea nella succitata Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo COM(2020)789 individua una serie completa di misure, orientate ad avviare l'UE sulla strada verso la creazione del futuro sistema di mobilità sostenibile, intelligente e resiliente, apportando quei principali cambiamenti necessari per raggiungere gli obiettivi del *Green Deal* europeo.

In accordo con quanto proposto nella Strategia europea in materia di sviluppo sostenibile approvata nel 2006 dal Consiglio Europeo, il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Economica definisce la “**mobilità sostenibile**” come *l'infrastruttura che ha l'obiettivo di garantire che i sistemi di trasporto corrispondano ai bisogni economici, sociali ed ambientali della società, minimizzandone contemporaneamente le ripercussioni negative sull'economia, la società e l'ambiente*.

Si tratta, dunque, di una combinazione di modalità di trasporto che comprende il trasporto pubblico, piste ciclabili, percorsi pedonali, auto condivise e veicoli a motore efficienti dal punto di vista energetico e rappresenta l'insieme di pratiche che mirano a migliorare l'efficienza dei sistemi di trasporto al fine di ridurre i costi, migliorare la sicurezza e la stabilità del sistema e contribuire alla riduzione delle emissioni di inquinanti ambientali.

Uno dei temi centrali ed ampiamente discussi nell'ambito della mobilità sostenibile è la sostituzione del parco macchine circolante, attualmente costituito prevalentemente da auto con motori diesel o benzina, con auto ibride ed elettriche.

²³ ISS Epicentro – Inquinamento atmosferico e rischi per la salute <https://www.epicentro.iss.it/ambiente/AirPollution2016>

²⁴ EEA Europa – Trasporti e salute. <https://www.eea.europa.eu/it/segnali/segnali-2016/articoli/trasporti-e-salute>



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Tuttavia, è bene sottolineare che con il diffondersi delle auto ibride ed elettriche, non sono da sottovalutare i potenziali impatti ambientali e sociali, ancora non ben documentati, legati ai processi di approvvigionamento del litio, materiale indispensabile per la produzione delle batterie elettriche. Il litio rientra nell'elenco delle materie prime critiche identificate dalla Commissione Europea²⁵.

Inoltre, nell'ambito delle politiche mirate alla riduzione del congestionamento del traffico veicolare urbano, è importante sottolineare il beneficio conseguente al potenziamento dei sistemi di trasporto pubblico locale, unitamente alla diffusione di moderne modalità lavorative che riducono gli spostamenti di persone come, ad esempio, il lavoro in modalità agile (*smart working*).

Pertanto, la necessità è quella di sviluppare, da un lato, le forme di mobilità più moderne, come quella elettrica, orientate a ridurre l'impatto ambientale del traffico veicolare ma, contestualmente, mettere in atto anche le diverse strategie che favoriscano il cambiamento dello stile di vita degli individui nell'ambito delle modalità quotidiane di spostamento. In tal senso, è importante favorire le soluzioni che comportino un minor utilizzo dell'auto privata, attraverso l'attenta pianificazione dei sistemi di trasporto pubblico collettivo, unitamente all'integrazione delle nuove soluzioni che prevedono il noleggio a breve termine dell'auto (*car sharing*) o la condivisione del mezzo privato (*car pooling*). Inoltre, nell'ottica di ridurre i volumi di traffico e favorire il decongestionamento stradale all'interno del tessuto urbano, è fondamentale potenziare la mobilità pedonale e ciclabile attraverso la definizione di una rete di percorsi correttamente strutturata ed integrata nel contesto urbano per renderla efficiente e sicura.

Un fattore importante nello sviluppo della mobilità sostenibile in ambito urbano risiede nel considerare la sinergia della mobilità pedonale e ciclabile con il sistema di trasporto pubblico collettivo, nell'ottica di accentuare la "multimodalità" degli spostamenti urbani.

In accordo con la Strategia per una mobilità sostenibile e intelligente (COM(2020) 789)), la multimodalità dei trasporti deve essere parte integrante della trasformazione della mobilità all'interno e all'esterno del tessuto urbano. Questo processo non può prescindere dall'adozione di soluzioni tecnologiche innovative finalizzate a favorire la transizione verso servizi di mobilità condivisa e collaborativa (automobili e biciclette condivise, servizi di trasporto a chiamata, ecc.), agevolati dall'emergere di piattaforme digitali intermedie. La digitalizzazione della mobilità diventerà un motore indispensabile per la modernizzazione dell'intero sistema dei trasporti, rendendolo fluido e più efficiente, che dovrà tendere verso il concetto della mobilità come servizio (*Mobility as a Service*, MaaS). Inoltre, le forme di digitalizzazione e automazione dei servizi dovranno essere orientate anche ad incrementare i livelli di sicurezza, protezione, affidabilità e comfort dei trasporti.

Questi aspetti rientrano nei criteri di sviluppo della "Smart City", ossia "città intelligente", che l'Unione Europea definisce come "un luogo in cui le reti e i servizi tradizionali sono resi più efficienti con l'uso di soluzioni digitali a beneficio dei suoi abitanti e delle imprese. Una città intelligente va oltre l'uso delle tecnologie digitali per un migliore utilizzo delle risorse e minori emissioni. Significa reti di trasporto urbano più intelligenti, impianti di approvvigionamento idrico e di smaltimento dei rifiuti migliorati e modi più efficienti per illuminare e riscaldare gli edifici. Significa anche un'amministrazione cittadina più interattiva e reattiva, spazi pubblici più sicuri e un migliore soddisfacimento delle esigenze di una popolazione che invecchia"²⁶.

Pertanto, la mobilità sostenibile rappresenta uno dei pilastri delle *smart cities* in quanto, attraverso l'efficace interconnessione di diverse soluzioni di mobilità, consente a tutti i cittadini di poter accedere, con opzioni semplici ed integrate, ai diversi servizi della città. Inoltre, per quanto ampiamente espresso, contribuisce alla riduzione delle emissioni di inquinanti in atmosfera e di inquinamento acustico, ed aumenta la sicurezza stradale attraverso l'implementazione di moderni strumenti di controllo del traffico. In una strategia di sviluppo di una città "smart", agli aspetti sopra menzionati possono aggiungersi altri interventi complementari, come ad esempio:

²⁵ Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo COM(2020) 474. Materie prime critiche: materie (metalli, minerali e materiali naturali) di elevata importanza economica, fondamentali per la transizione energetica e che presentano un elevato rischio di approvvigionamento. Il rischio di fornitura dipende principalmente dalla concentrazione di tali risorse in pochi Paesi, dalla *governance* dei Paesi fornitori, dal contributo del riciclo e dalla dipendenza europea dalle importazioni (Ministero delle Imprese e del Made in Italy – Materie prime critiche. <https://www.mise.gov.it/index.php/it/impresa/competitivita-e-nuove-imprese/materie-prime-critiche/materie-prime-critiche#cosa>

²⁶ European Commission. Smart cities: https://commission.europa.eu/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/city-initiatives/smart-cities_en



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

- il potenziamento della rete di mobilità multimodale interconnessa ed intelligente (*car-sharing, bike-sharing, bus, metro, tram, ecc*);
- l'implementazione di un sistema unico di bigliettizzazione elettronica per il trasporto pubblico;
- l'ottimizzazione della priorità semaforica per mezzi pubblici, pedoni e ciclisti;
- l'implementazione di sistemi di sensoristica di controllo e gestione delle aree di sosta in *real time*;
- lo sviluppo di un sistema intelligente di controllo del traffico e di telediagnostica dei mezzi di trasporto pubblico, finalizzato a identificare potenziali fattori di rischio per la sicurezza dei cittadini e di supporto alla programmazione di interventi in relazione ai volumi di traffico e alla domanda di mobilità pedonale e ciclabile.

La letteratura scientifica non presenta ancora evidenze chiare e ben strutturate sui benefici per la salute pubblica correlati allo sviluppo delle *smart cities*: le revisioni sistematiche relative all'implementazione delle *città intelligenti* riguardano aspetti molto specifici, che vanno dal monitoraggio delle condizioni ambientali, allo sviluppo di sistemi intelligenti di sorveglianza della sicurezza stradale, ai sistemi di monitoraggio delle condizioni di salute della popolazione (telemedicina), ecc.. Vi è una mancanza di prove di valutazione solide, dal momento che la maggior parte dei sistemi innovativi sono ancora dei prototipi e la loro implementazione per lo sviluppo di città intelligenti è ancora in fase embrionale²⁷.

I benefici in termini di salute pubblica correlati allo sviluppo della mobilità sostenibile sono associati a molteplici fattori tra cui:

- riduzione degli effetti negativi di salute per il miglioramento della qualità ambientale (riduzione dell'inquinamento atmosferico e dei livelli di rumore da traffico veicolare);
- benefici derivanti dall'incremento dell'attività fisica;
- riduzione degli incidenti stradali per effetto del decongestionamento del traffico veicolare;
- incremento del capitale sociale.

Per quanto concerne gli aspetti strettamente ambientali, non esistono ancora ricerche che colleghino direttamente le forme di mobilità attiva alla riduzione dei livelli di inquinamento atmosferico e ai conseguenti effetti sulla salute della popolazione generale. Tali studi risultano molto complessi perché gli effetti delle politiche di trasporto attivo richiedono tempi lunghi per manifestarsi²⁸. La maggior parte degli studi ha evidenziato impatti modesti sulla salute generale della popolazione, anche se scenari più ambiziosi di trasferimento di modalità indicano che i guadagni di salute a livello di popolazione, grazie ai miglioramenti della qualità dell'aria, potrebbero essere sostanziali²⁹.

Per quanto riguarda l'inquinamento acustico da traffico veicolare, la Commissione europea, nell'ambito del Green Deal Europeo, nel 2021 ha adottato il piano d'azione *'towards zero pollution for air, water and soil'* nel quale si pone particolare attenzione all'impatto negativo del rumore da traffico stradale sulla salute umana. In particolare, l'obiettivo è ridurre entro il 2030 il numero di persone cronicamente disturbate dal rumore dei trasporti del 30% rispetto al 2017. Per raggiungere questo obiettivo, la Commissione europea ha individuato, tra l'altro, la necessità di favorire lo sviluppo della mobilità attiva. Sebbene le valutazioni dell'OMS suggeriscono che non vi siano prospettive di ottenere, entro il 2030, una riduzione del 30% del numero di persone cronicamente disturbate dal rumore dei trasporti, il numero di persone altamente infastidite dal rumore del traffico stradale potrebbe essere ridotto fino al 19% attuando una combinazione di misure, tra cui l'aumento della percentuale di veicoli elettrici nel parco macchine al 50% nelle città, la riduzione dei limiti di velocità, l'imposizione di norme più severe sulle emissioni acustiche dei veicoli, l'aumento dell'applicazione di asfalti e barriere antirumore. I nuovi regolamenti dell'UE, orientati alla riduzione del rumore alla fonte, potrebbero contribuire a ridurre il numero di persone esposte ad alti livelli di rumore. Ad esempio, l'obbligo di utilizzare pneumatici silenziosi entro il 2030 potrebbe ridurre il numero di persone colpite dal rumore di circa il

²⁷ Nelson P.R. et. al, 2019. *Smart Cities and Public Health: a systematic review*. Procedia Computer Science 164 (2019) 516-523.

A. Buttazzoni et. al, 2020. *Smart City and High-Tech Urban Interventions Targeting Human Health: an equity-focused systematic review*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*.

²⁸ Castro et. al. 2017. Health benefits of a reduction of PM10 and NO2 exposure after implementing a clean air plan in the Agglomeration Lausanne-Morges. *Int J Hyg Environ Health*. 220(5):829-839. doi:10.1016/j.ijheh.2017.03.012.

²⁹ WHO - Walking and cycling: latest evidence to support policy-making and practice (2022)



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

9% in più nello scenario conservativo e del 5% in più nello scenario ottimistico³⁰.

Oltre alla riduzione degli effetti negativi sulla salute attraverso il miglioramento della qualità ambientale, la mobilità sostenibile determina un significativo impatto sulla salute della popolazione favorendo gli spostamenti a piedi o in bicicletta. L'insufficiente attività fisica è causa di circa 1.000.000 di morti all'anno in Europa³¹ ed è seconda solo al tabacco come fattore di rischio comportamentale per numerose patologie (ad esempio, malattie cardiovascolari, diabete, cancro, obesità, salute mentale). L'uso abituale del trasporto attivo nelle routine quotidiane è un mezzo importante per aumentare l'attività fisica della popolazione e sono numerose le evidenze scientifiche che mettono in luce i benefici di salute derivanti dallo spostarsi a piedi o in bicicletta per andare a scuola o nel luogo di lavoro. Uno studio longitudinale sugli adulti condotto nei paesi scandinavi, ad esempio, ha rilevato che i tassi di mortalità dei lavoratori che si recano a lavoro in bicicletta sono inferiori del 28% rispetto a coloro che utilizzano l'auto. Analogamente, uno studio cinese ha rilevato un rischio di mortalità prematura inferiore nelle donne che facevano regolarmente esercizio fisico o andavano in bicicletta per spostarsi. Altresì, uno studio britannico ha rilevato che i bambini che vanno a scuola a piedi o in bicicletta godono di una salute generale migliore rispetto a quelli che viaggiano in autobus o in auto.

L'aumento dei livelli di attività fisica è anche una componente essenziale degli interventi necessari per combattere l'obesità: recenti studi sugli spostamenti a piedi e in bicicletta e sui livelli di obesità condotti in Europa, Nord America e Australia hanno rilevato una relazione inversa tra il trasporto attivo della popolazione e i livelli di obesità, fornendo un ulteriore supporto ai benefici della promozione del trasporto attivo³².

Esiste, inoltre, un numero considerevole di studi che hanno esaminato specificamente gli effetti della camminata e della bicicletta direttamente sulla salute: camminare per 30 minuti o andare in bicicletta per 20 minuti nella maggior parte dei giorni della settimana riduce il rischio di mortalità di almeno il 10%. Il pendolarismo attivo è associato a una riduzione del 10% circa del rischio di malattie cardiovascolari e a una riduzione del 30% del rischio di diabete di tipo 2³³

Nell'ambito della strategia di incremento della mobilità attiva in ambito urbano, tuttavia, è importante la valutazione dell'esposizione di pedoni e ciclisti all'inquinamento atmosferico. Questo perché, durante l'attività fisica che si compie per spostarsi a piedi o in bicicletta, si verifica il fisiologico aumento del tasso di ventilazione dovuto allo sforzo fisico. In condizioni normali, rispetto a quando sono a riposo, i pedoni inalano circa il doppio degli inquinanti presenti in aria e i ciclisti circa il quadruplo e, poiché gli spostamenti a piedi e in bicicletta possono avvenire in aree ad alto inquinamento (in particolare, l'inquinamento atmosferico legato al traffico è considerato potenzialmente più dannoso di quello proveniente da altre fonti³³), è fondamentale



Figura 3.6: Benefici di salute dello spostarsi a piedi e in bicicletta. Fonte: WHO - Walking and cycling: latest evidence to support policy-making and practice (2022).

³⁰ EEA – Outlook to 2023 – Can the number of people affected by transport noise be cut by 30%. <https://www.eea.europa.eu/publications/outlook-to-2030/outlook-to-2030-can-the/#case-studies>

³¹ WHO - Sixth Ministerial Conference on Environment and Health (2017)

³² Billie Giles-Corti et al. The co-benefits for health of investing in active transportation. New South Wales Public Health Bulletin, 21(6), 122-127 (2010)

³³ Matz et al. 2019. Human health effects of traffic-related air pollution (TRAP): A scoping review protocol. Syst Rev. 8(1):1-5. doi.10.1186/s13643-019-1106-5.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

progettare reti pedonali e ciclabili separate dal traffico pesante³⁴ e, contestualmente, sensibilizzare i pedoni e i ciclisti ad evitare il più possibile le aree ad alto inquinamento atmosferico in ambito urbano³³. In questo scenario è fondamentale precisare che, ad oggi, l'analisi tecnica dell'OMS ha riscontrato che i benefici a lungo termine dell'attività fisica superano i danni a lungo termine dell'inquinamento atmosferico, anche in condizioni ad alto inquinamento (>100 µg PM2.5) e che gli automobilisti risultano comunque esposti a concentrazioni maggiori di inquinanti (circa 2,5 volte maggiore alla concentrazione di fondo) rispetto ai ciclisti e i pedoni (rispettivamente esposti 2 volte e 1,5 volte la concentrazione di fondo). Lo stesso potrebbe non essere vero per gli effetti negativi a breve termine dell'esposizione agli inquinanti atmosferici da traffico veicolare poiché questi possono determinare l'acuirsi transitorio di patologie a carico del sistema respiratorio in soggetti predisposti (per esempio nei soggetti asmatici).

Un ulteriore beneficio di salute per la popolazione legato alla mobilità sostenibile è correlato alla riduzione degli incidenti stradali per effetto della contrazione del traffico del parco auto circolante in ambito urbano. Gli incidenti stradali, nel mondo, rappresentano una importante causa di morte o di disabilità per numerose persone, coinvolgendo soprattutto i giovani. Quasi la metà dei decessi sulle strade del mondo avviene tra gli "utenti vulnerabili della strada", ossia pedoni, ciclisti e motociclisti. Nel 40-50% dei casi, la causa di accadimento dell'incidente stradale è dato dall'eccesso di velocità e, in generale, è il comportamento del conducente a condizionare il rischio di incidente. In assenza di contromisure coerenti, si prevede che gli incidenti stradali saranno la settima causa di morte entro il 2030. Il potenziamento del sistema dei trasporti pubblici collettivi rappresenta una modalità efficace per migliorare la sicurezza del traffico stradale in ambito urbano: secondo la Union Internationale des Transport Publics (UITP), nelle principali città europee, il livello di incidenti stradali sul trasporto ferroviario leggero è di 0,47 incidenti per 1 milione di passeggeri/km, rispetto ai 2,86 incidenti per 1 milione di passeggeri/km dei veicoli a motore. In altre parole, il trasporto ferroviario leggero nelle città dei Paesi sviluppati si è dimostrato 6 volte più sicuro.

Inoltre, secondo l'OMS il trasporto tramite bus ridurrebbe la mortalità di 30 volte e gli infortuni di 12 volte rispetto all'uso delle auto e il trasporto ferroviario ridurrebbe la mortalità di 137 volte e gli infortuni di 60 volte rispetto al trasporto via auto.

Per quanto riguarda invece la mobilità attiva, l'unico reale rischio, soprattutto per i ciclisti, sono gli infortuni in caso d'incidente. Nonostante le probabilità di essere vittima di un incidente stradale camminando o usando la bicicletta siano ridotte, gli infortuni sono generalmente in grado di creare danni maggiori. I ciclisti e i pedoni sono più vulnerabili a gravi infortuni rispetto a chi utilizza altri mezzi di trasporto.

Secondo l'OMS, 84.000 persone muoiono ogni anno a causa di lesioni da incidente stradale, tra cui oltre 20.000 sono pedoni e oltre 3.000 sono ciclisti³⁵. I rischi di incidente per distanza percorsa possono essere da 10 a 20 volte superiori per pedoni e ciclisti rispetto alla guida o al trasporto pubblico (Figura 3.9). La percezione della mancanza di sicurezza costituisce inoltre un serio ostacolo all'adozione di spostamenti attivi da parte di un maggior numero di persone che provoca, dunque, una inattività autoimposta. L'entità dei tassi di incidentalità per gli spostamenti a piedi e in bicicletta non è intrinsecamente legata alla modalità di trasporto attivo, ma dipende fortemente dalle circostanze locali, come le condizioni del traffico e la qualità delle infrastrutture. La sicurezza del traffico svolge quindi un ruolo fondamentale nella promozione degli spostamenti attivi. Infine, è importante sottolineare che secondo la valutazione dell'OMS gli effetti negativi di salute correlati agli incidenti stradali che coinvolgono ciclisti e pedoni sono in genere superati dai benefici derivanti dall'attività fisica³⁶ e che nel complesso gli incidenti a piedi e in bicicletta sono rari³⁷.

³⁴ WHO - Personal interventions and risk communication on Air Pollution (2020).

³⁵ WHO - Regional Office for Europe. European facts and the Global status report on road safety 2015.

³⁶ Doorley et al. Quantifying the Health Impacts of Active Travel: Assessment of Methodologies. *Transport Reviews* 35(5):559–582 (2015).

³⁷ Castro et. al. 2018. Exposure-adjusted Fatality Rates for Cycling and Walking in European Countries. London: International Transport Federation, Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

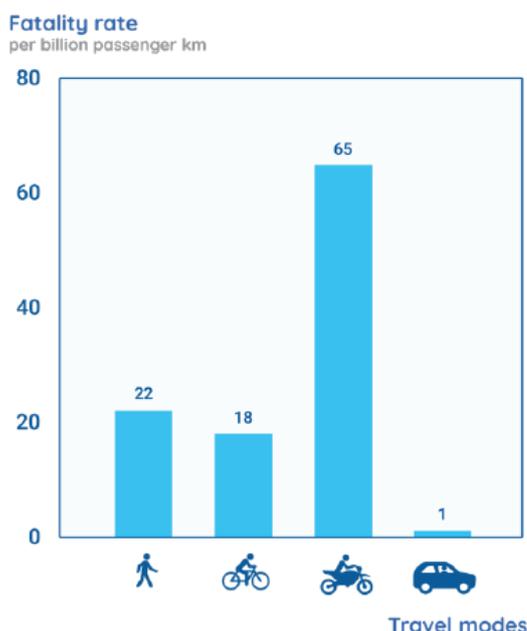


Figura 3.7: Tasso di vulnerabilità (numero di incidenti per 1.000.000 di passeggeri per km percorso) in relazione alla tipologia di mobilità.

Infine, si evidenzia che sotto il profilo sociologico, lo sviluppo delle forme di mobilità sostenibile possono avere un effetto come motore di crescita del capitale sociale della comunità: la progettazione di quartieri a misura di pedone e di ciclista può facilitare l'interazione tra gli individui e l'aumento del flusso pedonale può generare una condizione di maggiore sicurezza locale per effetto di una sorveglianza naturale del quartiere. L'aumento delle persone che si spostano a piedi appare protettivo nei confronti dei reati gravi contro la persona, che si verificano tipicamente quando i pedoni sono pochi. La creazione di quartieri facilmente percorribili a piedi e con trasporti pubblici frequenti e accessibili, è anche una strategia importante per limitare le condizioni di disuguaglianza sociale e previene l'emarginazione di sottogruppi vulnerabili con mobilità limitata³²

Finalità
Promuovere lo sviluppo della <i>mobilità sostenibile</i> in ambito urbano come elemento chiave del processo <i>rigenerazione urbana</i> , inteso come trasformazione condivisa e partecipata, in grado di innovare le funzioni urbane ed orientato alla riduzione degli impatti ambientali del traffico veicolare, al miglioramento della qualità di vita dei cittadini e alla equità e coesione sociale.
Obiettivi prestazionali sanitari e ambientali
<ul style="list-style-type: none">• Mitigare l'inquinamento atmosferico ed acustico in ambito urbano e ridurre l'esposizione della popolazione a tali fattori di rischio per la salute.• Ridurre il congestionamento stradale e migliorare la sicurezza stradale.• Favorire la riduzione dell'incidentalità stradale, con particolare attenzione ai pericoli a cui sono esposti i soggetti più vulnerabili• Ridurre la dipendenza dal mezzo privato motorizzato a favore del trasporto pubblico locale a basse emissioni.• Favorire la mobilità pedonale e ciclistica in ambito urbano, efficacemente integrata col sistema di trasporto pubblico locale, come stile di vita salutare;• Promuovere la mobilità di tipo multimodale;• Migliorare l'accessibilità ai servizi per tutta la popolazione, con particolare attenzione all'utenza debole
Buone pratiche
<i>Si precisa che in tale ambito si espongono alcuni criteri che possono essere adottati per interventi edilizi di piccola/media scala, ossia per la realizzazione di un singolo edificio o di un nucleo insediativo. Non si considerano gli aspetti che riguardano i progetti di più ampia scala, che interessano, ad esempio, l'intero</i>



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

tessuto urbano o le interazioni tra città/paesi limitrofi, in quanto tale trattazione esula dall'oggetto del presente Documento.

Complesso edilizio

Pianificare il mix funzionale del complesso insediativo (edifici ad uso residenziale, servizi, luoghi di lavoro, spazi ricreativi, ecc.) al fine di favorire il contenimento degli spostamenti. Evitare di dislocare poli di attrazione (ossia strutture commerciali, scuole, strutture sanitarie, ecc.) in zone difficilmente raggiungibili. Evitare la dispersione insediativa, responsabile dell'incremento dell'uso dell'auto.

Rendere quanto più chiara la gerarchizzazione della rete stradale, ossia la distinzione funzionale tra assi di collegamento e assi di attraversamento, ad esempio mediante la scelta di diverse tipologie di materiali che compongono il piano stradale destinato ai mezzi privati e pubblici, le superfici delle piste ciclabili o dei percorsi pedonali, ecc., mediante l'utilizzo di elementi di arredo urbano o aree adibite a verde pubblico.

Strutturare la viabilità di quartiere affinché sia garantito il mantenimento di basse velocità di transito degli autoveicoli a vantaggio della mobilità pedonale e ciclabile. Limitare l'accesso dei mezzi pesanti all'interno del nucleo insediativo e prevedere punti logistici in periferia.

Prevedere, a partire dalla fase progettuale di un nuovo complesso edilizio, la realizzazione di aree pedonali (ampi marciapiedi, slarghi, piazzette) in prossimità degli accessi agli edifici, sufficientemente ampie per garantire agli utenti (con particolare attenzione ad anziani e disabili) in ingresso/uscita dagli edifici di poter transitare in modo sicuro e protetto.

Curare la progettazione delle fermate del sistema di trasporto pubblico locale affinché siano sicure e confortevoli, dotate, dunque, di sistemi di ombreggiamento e schermatura dagli agenti atmosferici, di sedute comode e spazi adeguati per l'attesa. Curare i percorsi pedonali/ciclabili di collegamento tra edifici e le fermate dei mezzi pubblici, affinché siano ben integrati nel contesto urbano e garantire la sicurezza di percorrenza mediante schermi artificiali o naturali per protezione dal traffico stradale.

Ottimizzare l'accessibilità ai servizi presenti nel contesto urbano prevedendo il raggruppamento dei servizi/attività in prossimità di fermate dei mezzi pubblici già esistenti, stalli per biciclette, ecc. Ottimizzare la ripartizione degli spazi a favore della pedonalità, della ciclabilità e delle attività collettive.

Realizzare le grandi aree di sosta dei veicoli in posizione periferica rispetto al nucleo residenziale. Al fine di promuovere le mobilità multimodale, laddove è possibile, rendere le aree di sosta dei nodi di interscambio con le reti di trasporto pubblico e la mobilità dolce. E' bene, dunque, ubicare le aree di sosta in prossimità delle fermate della rete di trasporto pubblico locale, di aree pedonali e delle piste ciclabili. Predisporre rastrelliere/box per la sosta a breve e lungo termine di biciclette private, stalli di *bike sharing* e/o di *car-sharing* di auto elettriche. Dotare le aree di sosta di sistema di monitoraggio degli stalli degli autoveicoli, per la gestione intelligente dei parcheggi (*smart parking*) finalizzata ad ottimizzare la fruizione dell'area.

Pianificare la mobilità ciclistica e pedonale all'interno del complesso insediativo implementandola con quella urbana, se esistente, in modo da garantire la continuità e capillarità della rete dei percorsi.

Integrare i percorsi pedonali/ciclabili agli spazi di verde pubblico e alle aree ricreative, al fine di qualificare l'ambiente urbano; rendere i servizi di mobilità sicuri (sia sotto il profilo della prevenzione degli incidenti stradali, sia per la protezione da eventuali aggressioni), attrattivi e facilmente fruibili.

Laddove non siano presenti percorsi pedonali e ciclabili separati dalla rete stradale, pianificare la condivisione degli spazi urbani costituendo zone a traffico moderato (es. Zone a Traffico Limitato (ZTL), zone a velocità limitata (zone 30), ecc.) in cui è consentita la mobilità mista (pedonale, ciclabile, motorizzata) in condizioni di sicurezza. La limitazione della velocità di circolazione degli autoveicoli può avvenire anche attraverso la creazione di restringimenti di carreggiata, dossi, piccole aree verdi., ecc.

Prevedere l'installazione di sistemi di controllo intelligente del traffico stradale locale ad esempio attraverso l'uso di sistema semaforico preferenziale per ciclisti e pedoni.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Edificio

Progettare le infrastrutture per promuovere l'utilizzo di biciclette da parte degli occupanti attraverso la disposizione di rastrelliere, box, pensiline, ecc., al fine di garantire la sosta per un numero sufficiente di biciclette in relazione al numero dei residenti, lavoratori ed eventuali ospiti.

Predisporre, all'interno delle aree di sosta condominiali, colonnine di ricarica di autoveicoli elettrici possibilmente alimentate da energia derivante da fonti rinnovabili (es. impianto fotovoltaico condominiale).\

Pianificare il numero di parcheggi auto privati a servizio delle residenze in funzione del reale fabbisogno degli utenti (residenti, lavoratori, ospiti).

Strumenti di verifica

Documentazione progettuale del nuovo edificio o del nuovo complesso edilizio comprendente:

- analisi dei fabbisogni e delle modalità di accesso degli utenti in relazione alla destinazione d'uso degli edifici o delle singole unità immobiliari in essi presenti;
- identificazione delle scelte progettuali finalizzate a garantire la sicurezza degli spazi pedonali di accesso all'edificio, della viabilità stradale e dei percorsi pedonali/ciclabili presenti in prossimità dell'edificio o del nucleo insediativo;
- scelte sulla distribuzione dei servizi (mix funzionale) presenti all'interno del complesso insediativo e sugli accorgimenti finalizzati a garantire la migliore fruibilità degli stessi da parte della popolazione, anche in relazione alla eliminazione di fattori (strutturali, organizzativi, ambientali) che potrebbero dar luogo a condizioni di diseguità o alla generazione di elementi di riduzione del benessere generale degli individui;
- scelte relative alla pianificazione dei servizi all'interno del complesso insediativo, con particolare attenzione ai criteri di localizzazione dei principali poli di attrazione per la collettività (es. centri commerciali, ambulatori, ecc.). Analisi delle possibili misure tese alla gestione di condizioni di congestione del traffico veicolare;
- scelte sui criteri di ubicazione del sito di edificazione in relazione alla possibilità di fruizione da parte degli occupanti/lavoratori dei servizi di trasporto pubblico locale, dei percorsi dedicati alla mobilità pedonale e/o ciclabile;
- scelte progettuali volte a favorire la mobilità multimodale e ai criteri finalizzati a garantire la continuità ed efficienza dei percorsi di mobilità dolce;
- criteri di dimensionamento delle aree dedicate alla sosta di biciclette e auto elettriche in relazione al numero di utenti e scelte progettuali finalizzate a rendere tali aree sicure e di semplice fruizione;
- criteri adottati per la localizzazione delle aree di sosta degli autoveicoli in relazione al contesto insediativo ed analisi dei criteri adottati per integrare in modo ottimale tali aree con il sistema di trasporto pubblico locale, con i percorsi ciclabili e pedonali; identificazione di eventuali misure tese a rendere facilmente fruibile le aree di sosta, anche attraverso l'implementazione di sistemi di controllo *real time* dei parcheggi disponibili;
- descrizione dei criteri adottati nella selezione dei materiali impiegati la realizzazione delle aree pedonali, dei percorsi pedonali e ciclabili, anche in relazione all'inserimento di elementi di separazione per la protezione degli utenti dalla viabilità stradale;
- scelte progettuali relative alla gerarchizzazione della viabilità, alle modalità di riduzione e moderazione del traffico veicolare; identificazione dei criteri finalizzati alla realizzazione della viabilità di tipo misto, laddove non sia possibile prevedere la separazione dei flussi di transito di autoveicoli dai percorsi pedonali/ciclabili.

Approfondimenti

La prassi di riferimento UNI/PdR 13:2019, elaborata a partire del Protocollo ITACA, riporta alcuni criteri di valutazione degli elementi progettuali dell'edificio orientati a favorire la mobilità pedonale e ciclabile e all'uso di veicoli elettrici. In particolare, le categorie A.1 *Selezione del Sito* e A.3 *Progettazione dell'area* presentano i seguenti criteri di valutazione:



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

AREA A	CODICE CRITERIO	NOME CRITERIO
A1 - Selezione del Sito	A.1.6	Accessibilità al trasporto pubblico
	A.1.8	Mix funzionale dell'area
A.3 Progettazione dell'area	A.3.4	Supporto all'uso di biciclette
	A.3.10	Supporto alla mobilità green

Di seguito, per vie brevi, si riportano gli aspetti principali relativi ai criteri di valutazione sopra riportati.

A.1.6 Accessibilità al trasporto pubblico

Al fine di favorire la mobilità pedonale e l'uso della rete di trasporto pubblico in sostituzione ai veicoli privati, il presente criterio di valutazione intende misurare la disponibilità di tali servizi nell'area in cui è ubicato l'edificio e il grado di accessibilità a tali servizi attraverso la determinazione dei tempi di percorrenza a piedi del tragitto edificio-nodo (per nodo si intende il punto dal quale è possibile accedere al servizio di trasporto pubblico). Viene inoltre valutata la qualità del servizio di trasporto pubblico attraverso la determinazione del tempo di attesa del servizio. E' dunque possibile calcolare l'indice di accessibilità al trasporto pubblico come somma degli indici di accessibilità delle diverse tipologie di trasporto pubblico, da confrontare con l'apposita scala prestazionale per l'attribuzione del punteggio, in relazione alla categoria urbana che meglio descrive il contesto di inserimento dell'edificio in esame (capitale/capoluogo di regione, capoluogo di provincia, centro urbano con popolazione > 5000 abitanti, centro urbano con popolazione ≤ 5000 abitanti).

A.1.8 Mix funzionale dell'area

Nella selezione del sito per le nuove costruzioni è necessario prediligere gli spazi collocati in prossimità di aree caratterizzate da un adeguato mix funzionale, ossia contesti in cui siano presenti le molteplici strutture (commerciali, servizi pubblici, sportive/culturali) che nel complesso sono essenziali per una buona qualità di vita dell'individuo che vi risiede o che vi esercita la propria attività lavorativa. L'indicatore di prestazione, nel caso in esame, viene calcolato sulla base della distanza media, valutata in metri, da percorre a piedi, che separa il punto di accesso principale dell'edificio dai punti di accesso di cinque strutture principali presenti nel contesto insediativo afferenti alle categorie "Commercio" (es. supermercato, bar, edicola, ecc.), "Servizio" (es. ufficio postale, banca/sportello ATM, farmacia, ecc.) e "Sport/cultura" (es. teatro, cinema, biblioteca, ecc.).

A.3.4 Supporto all'uso delle biciclette

L'indicatore prestazionale del criterio in esame identifica la percentuale di postazioni per la sosta delle biciclette installati presso gli spazi comuni dell'edificio rispetto al numero stimato di occupanti dell'edificio stesso.

A.3.10 Supporto alla mobilità green

Con tale criterio di valutazione viene valutata la disponibilità di aree di sosta dotati di punti di ricarica di veicoli (autovetture e motocicli) elettrici nei parcheggi pertinenziali dell'edificio. L'indicatore utilizzato è dato dal rapporto percentuale tra il numero di posteggi per veicoli forniti del suddetto punto di ricarica e il numero complessivo di posteggi previsti in progetto.

Per l'analisi dettagliata dei criteri sopra riportati si rimanda alle relative schede del documento UNI/PdR 13.1:2019 per gli edifici residenziali e UNI/PdR 13.2:2019 per gli edifici non residenziali.

A titolo di esempio, si riporta di seguito la scheda relativa al criterio A.1.5 *Mix funzionale dell'area* tratto dalla UNI/PdR 13.1:2019 Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità - Edifici residenziali.



QUALITÀ DEL SITO

NUOVA COSTRUZIONE

A.1.8

Selezione del sito

Mix funzionale dell'area

2. Calcolare la distanza media in metri, da percorrere a piedi, che separa il punto di accesso principale all'edificio e i punti di accesso di cinque strutture afferenti alle categorie sopracitate.

Tra le strutture individuate al punto 1 selezionarne cinque appartenenti a cinque tipologie differenti, tra le quali almeno una struttura della categoria "servizio".

Calcolare la distanza tra il principale punto di accesso dell'edificio e il punto di accesso alle strutture selezionate.

Nota 1 La distanza deve essere misurata dall'ingresso principale dell'edificio (ovvero dal principale accesso pedonale all'area di pertinenza) all'ingresso delle strutture selezionate, considerando il più breve tragitto percorribile a piedi.

Calcolare il valore dell'indicatore di prestazione, ovvero la distanza media tra l'edificio e le strutture selezionate tramite la formula:

$$d_{media} = \frac{\sum_{i=1}^5 d_i}{5}$$

(1)

dove:

d_{media} = distanza media tra l'edificio e le cinque strutture selezionate, [m];

d_i = distanza tra l'edificio e la struttura i -esima, [m].

3. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

Si fa presente che, gli aspetti della corretta configurazione del mix funzionale del contesto urbano rientrano anche tra i criteri progettuali degli interventi pubblici di nuova costruzione e di ristrutturazione urbanistica. Infatti, il CAM Edilizia (D.M. 23 giugno 2022), nel criterio 2.3.6 "Infrastrutturazione secondaria e mobilità sostenibile" specifica che il progetto dei suddetti interventi, deve favorire un mix tra residenze, luoghi di lavoro e servizi tale da ridurre gli spostamenti, in relazione alle dimensioni del progetto, alla tipologia di funzioni insediate e al numero previsto di abitanti o utenti. Inoltre, lo stesso criterio specifica che il progetto deve favorire:

1. la localizzazione dell'intervento a meno di 500 metri dai servizi pubblici;
2. localizzazione dell'intervento a meno di 800 metri dalle stazioni metropolitane o 2000 metri dalle stazioni ferroviarie;
3. nel caso in cui non siano disponibili stazioni a meno di 800 metri, occorre prevedere servizi navetta, rastrelliere per biciclette in corrispondenza dei nodi di interscambio con il servizio di trasporto pubblico e dei maggiori luoghi di interesse;
4. la localizzazione dell'intervento a meno di 500 metri dalle fermate del trasporto pubblico di superficie.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Caratteristiche chimiche e tossicologiche dei principali inquinanti gassosi legati al traffico veicolare e relativi effetti sanitari³⁸

Ossidi di Azoto (NO_x)

L'ossido di azoto può trovarsi in diverse forme, come ossido nitroso (N₂O) che 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 NO₂ sono invece i due principali ossidi associati alle sorgenti di combustione; la loro concentrazione ambientale può variare ampiamente e raggiungere - come somma NO e NO₂ - valori prossimi a 500 µg/m³ in aree urbane densamente popolate.

Combinandosi con acqua l'NO₂ forma acido nitrico (HNO₃) 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 NO₂ (come durante un incendio) può provocare edema polmonare e lesioni polmonari diffuse

Effetti sanitari a lungo termine: l'esposizione continua ad elevati livelli di NO₂ può contribuire allo sviluppo di bronchite acuta o cronica. L'esposizione a un livello basso di NO₂ 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 (SO_x)

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 SO₂ (biossido di zolfo o anidride solforosa); solo l'1-2% si trova sotto forma di SO₃ (anidride solforica). L'ossidazione di SO₂ in SO₃ è favorita dalle alte temperature e dai prodotti delle reazioni fotochimiche che coinvolgono O₃, NO₂ e idrocarburi.

Fonti esterne (outdoor): le concentrazioni di SO₂ 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 SO₂ sono costituite da radiatori a cherosene,

³⁸ Tratto da "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", 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 e adottato dalla Giunta Regionale della Regione Sardegna con Deliberazione n. 5/31 del 29.01.2019"



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

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_2 può provocare edema polmonare e lesioni polmonari diffuse.

Monossido di Carbonio (CO)

Il monossido di carbonio (CO) è un gas tossico incolore, non irritante, inodore e insapore; esso si forma a seguito della 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 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 di CO rispetto ai combustibili di qualità inferiore, a condizione che venga fornita una quantità sufficiente di ossigeno.

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 importanti 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 possono 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.

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 a cui si trovano, tra la forma di 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 anche in ambiente indoor. Altre fonti esterne che possono influenzarne la concentrazione indoor, derivano da impianti industriali, centrali elettriche e inceneritori. La concentrazione



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

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 termine: allo stato attuale, non si conosce molto quali siano gli 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 noto in quanto è un probabile cancerogeno per la specie umana (gruppo 2A IARC)

Benzene (C₆H₆)

È un composto aromatico, di formula C₆H₆, 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 termine: 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.

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



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

(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, poliuretanic, 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 termine: malattie cardio vascolari, malattie respiratorie croniche (asma, broncopneumopatia cronica ostruttiva), Sindrome da Edificio Malato (BRI), malattie neoplastiche.

Piani Urbani di Mobilità Sostenibile ed interventi orientati a promuovere la mobilità sostenibile nell'ambito delle politiche di sviluppo della Regione Autonoma della Sardegna

Al fine di fornire uno strumento di pianificazione che, in un quadro di sostenibilità economica e sociale, consideri i molteplici aspetti che riguardano la mobilità delle persone in ambito urbano, sono stati introdotti i Piani Urbani di Mobilità Sostenibile (PUMS). Le Linee Guida ELTIS³⁹ definiscono il PUMS, come *un piano strategico che si propone di soddisfare la variegata domanda di mobilità delle persone e delle imprese nelle aree urbane e peri-urbane per migliorare la qualità della vita nelle città. Il PUMS integra gli altri strumenti di piano esistenti e segue principi di integrazione, partecipazione, monitoraggio e valutazione.*

Gli obiettivi dei PUMS sono molteplici e tra questi si evidenziano i seguenti:

- garantire un'elevata accessibilità ai servizi per il cittadino;
- ridurre la dipendenza dal mezzo privato motorizzato;
- favorire la mobilità attiva ed incentivare il rispetto delle regole di circolazione e sosta dei veicoli;
- ridurre l'emissione di inquinanti in atmosfera e di rumore legati al traffico veicolare e ridurre l'esposizione della popolazione a tali fattori di rischio;
- ridurre i consumi energetici e migliorare la qualità del paesaggio urbano e l'inclusione sociale;
- aumentare la consapevolezza del cittadino verso modi di mobilità più sostenibili.

I PUMS estendono i contenuti dei Piani sulla mobilità già esistenti e rappresentano un piano strategico volto a migliorare l'accessibilità alle aree urbane e periurbane, mediante sistemi di mobilità e trasporti sostenibili e di alta qualità anche sotto il profilo ambientale, economico e sociale, e a migliorare la qualità della vita e la fruibilità degli spazi pubblici nelle città e nei loro dintorni. Le politiche e le misure definite in un PUMS riguardano tutti i modi e le forme di trasporto presenti nell'intero agglomerato urbano, pubbliche e private, passeggeri e merci, motorizzate e non motorizzate, di circolazione e sosta.

In Italia la redazione e l'approvazione dei PUMS è regolata dal Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 397 del 4 agosto 2017 recante "Individuazione delle linee guida per i piani urbani di mobilità sostenibile ai sensi dell'articolo 3, comma 7, del D.Lgs. 16 dicembre 2016, n. 257", poi aggiornate con Decreto n° 396 del 28 agosto 2019.

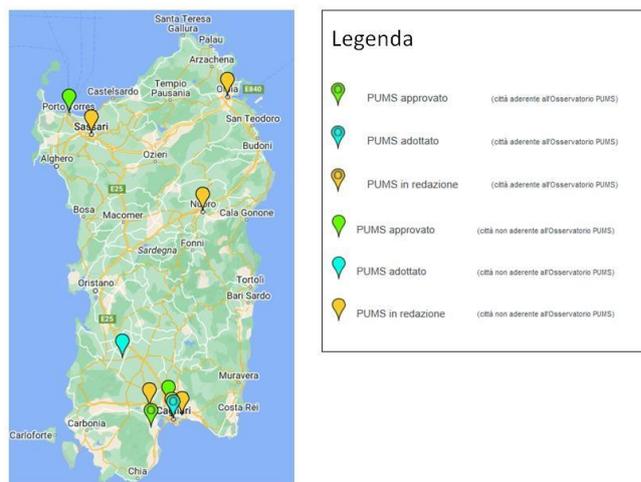


Figura 3.8: PUMS approvati, adottati e in redazione Fonte: Osservatorio PUMS.

³⁹ <https://www.eltis.org/mobility-plans/sump-guidelines>



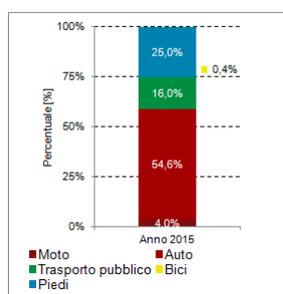
REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

In Italia, come riporta l'Osservatorio PUMS⁴⁰ (aggiornamento dati a Novembre 2022), sono presenti 206 PUMS, di cui 70 approvati, 53 adottati e 83 in redazione. In particolare, in Sardegna risultano 11 PUMS di cui 2 adottati e 3 approvati.

È interessante evidenziare come in Sardegna, il Comune di Cagliari, che ha adottato il proprio PUMS nel 2021, sebbene possa contare su un sistema di trasporto pubblico collettivo di eccellenza, abbia un indice di motorizzazione più alto della media nazionale: nel 2021 la ripartizione modale della mobilità vede per un 55,6% l'uso del mezzo motorizzato (moto e auto), mentre gli spostamenti mediante mezzi di trasporto pubblico sono pari al 16,0%, dopo lo spostamento a piedi (25,0%). Una limitatissima percentuale di cittadini si spostano regolarmente in bici (4%). Il parco auto, inoltre, appare ancora obsoleto: sul totale di 100.744 autoveicoli, il 55,87% è di classe uguale o inferiore ad Euro 4 e le auto ibride/elettriche rappresentano solo il 2,26% del parco auto circolante, contro il 95,2% di quelle alimentate a benzina e diesel.

RIPARTIZIONE MODALE



PARCO AUTO CIRCOLANTE

Indice di motorizzazione	67,7 auto/100 ab.
Totale autoveicoli circolanti	100 744
Euro 0	9,62 %
Euro 1	1,95 %
Euro 2	6,28 %
Euro 3	11,52 %
Euro 4	26,50 %
Euro 5	16,25 %
Euro 6	27,88 %
Benzina	50,99 %
Gasolio	44,22 %
GPL	2,49 %
Metano	0,04 %
Ibrido-Elettrico	2,26 %
Fattore di emissione medio NO _x	0,496 g/km
Fattore di emissione medio PM ₁₀	0,044 g/km
Fattore di emissione medio CO ₂	238,5 g/km
Fattore di emissione medio PM _{2,5}	0,031 g/km
Fattore di consumo medio	3,270 MJ/km

Fonti dei dati

– popolazione: ISTAT 2021
– parco veicolare: elaborazioni SCRAT su dati ACI 2021
– fattori di emissione: elaborazioni SCRAT su dati ISPRA 2020

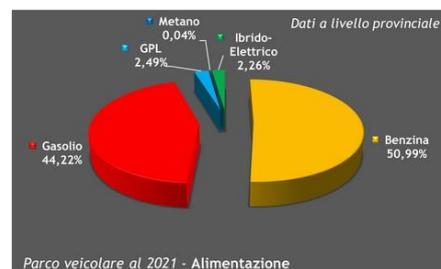
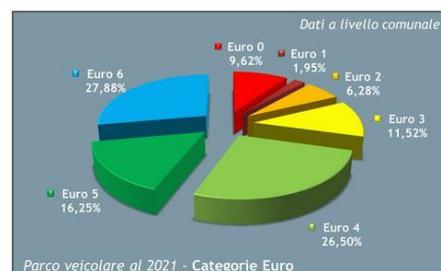


Figura 3.9: Fonte: Osservatorio PUMS – Dati della mobilità urbana per la città di Cagliari (ISTAT 2021)

In ambito regionale, l'area vasta di Cagliari è quella che presenta un elevato flusso di veicoli privati ed è, pertanto, il contesto territoriale che maggiormente necessita interventi finalizzati al potenziamento del sistema di trasporto pubblico. In tal senso, la Regione Sardegna ha messo in atto diverse misure volte ad estendere la rete metropolitana dei mezzi di trasporto pubblico. A tal proposito, nella Deliberazione della Giunta Regionale (DGR) n. 15/3 del 24.03.2020 si evidenzia che l'Asse Tematico C "Interventi per il trasporto urbano e metropolitano" comprendente, tra l'altro, la Linea d'Azione "Interventi per il potenziamento del trasporto rapido di massa nelle aree urbane e metropolitane, completamenti di itinerari già programmati/nuovi itinerari"⁴¹, prevede degli interventi di potenziamento di linee tramviarie finalizzate al miglioramento del trasporto pubblico locale, di collegamento tra centro città e periferie, finalizzato a garantire tempi certi di percorrenza anche verso aree urbane molto trafficate, favorendo così la riduzione dell'uso del mezzo privato. Gli interventi, in coerenza con gli obiettivi del Piano Regionale Trasporto (PRT) della Regione Sardegna – in fase di redazione da parte di un Raggruppamento Temporaneo di Imprese che opera in maniera sinergica con l'apposito Gruppo di Lavoro Interassessoriale costituito con DGR n. 47/84 del 24.09.2020 – sono finalizzati a mitigare l'impatto ambientale dovuto alle emissioni in atmosfera ed erogare un servizio agevole a supporto anche dell'utenza cosiddetta debole.

⁴⁰ <https://www.osservatoriopums.it/>

⁴¹ Facente parte del nuovo Addendum al Piano Operativo Infrastrutture FSC 2014-2020 di competenza del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (approvato con Delibera n. 98/2017 del 22 dicembre 2017 dal Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (CIPE)).



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Sempre nell'ambito degli interventi sul sistema di trasporto pubblico, la Giunta Regionale, con DGR n. 52/18 del 23.10.2020, in coerenza con quanto previsto dal Piano Strategico Nazionale della Mobilità Sostenibile (PSNMS) approvato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 17 aprile 2019 – finalizzato al rinnovo del parco autobus dei servizi di trasporto pubblico locale e regionale con tecnologie di alimentazione innovative per la promozione e miglioramento della qualità dell'aria – ha approvato la programmazione del finanziamento complessivo di circa 75 milioni di euro, articolato in tre quinquenni dal 2019 al 2033, con specificazione della percentuale di risorse da destinare all'acquisto delle diverse moderne tipologie di autobus extraurbani e urbani (es. alimentazione a metano, elettrica, a idrogeno, ibrida ecc.).

Un ulteriore intervento, finalizzato a facilitare ed incrementare la fruizione del trasporto pubblico regionale, riguarda l'implementazione di un sistema tariffario integrato, che consentirà ai cittadini di accedere ai servizi con un unico titolo di viaggio, un'unica tariffa ed un'unica infrastruttura tecnologica, indifferentemente dalla modalità di trasporto e degli operatori presenti sul territorio regionale.

A tal proposito, con DGR n. 26/11 del 21.05.2020, la Giunta Regionale ha messo in evidenza la necessità di fornire gli strumenti tecnologici per consentire all'utenza una migliore accessibilità ai servizi di trasporto pubblico, promuovendone un uso più diffuso e più intenso. Tra gli interventi orientati a tale scopo, si cita l'acquisizione del sistema di bigliettizzazione regionale di tipo mobile (ABT), ossia una piattaforma informatica che consentirà a tutti gli utenti del trasporto pubblico dell'intero territorio regionale di poter acquistare i titoli di viaggio tramite web o mediante l'utilizzo di dispositivi "mobile". La combinazione del nuovo sistema tariffario integrato regionale e del sistema di bigliettizzazione multicanale ABT agevolerà anche l'implementazione di logiche tariffarie innovative e flessibili, a tutto vantaggio della fidelizzazione, della premialità degli utenti e della sostenibilità del modello di mobilità (ad esempio tariffe differenziate in funzione della fascia oraria, tariffe a consumo decrescenti all'aumentare dell'utilizzo, con la logica del "più viaggi, meno paghi").

Con DGR n. 17/9 del 19.05.2022, la Giunta Regionale ha approvato il contributo regionale al Programma Nazionale di Riforma (PNR) 2022 che individua i provvedimenti normativi, programmatici e attuativi adottati dalla Regione Sardegna nel periodo febbraio 2021 – gennaio 2022, funzionali al raggiungimento degli obiettivi fissati nel quadro del Semestre Europeo e del PNRR dell'Italia. In risposta alle Raccomandazioni della Commissione Europea, nell'ambito della Misura 2 "Mobilità sostenibile" (sezione Sostenibilità ambientale) rientrano numerosi interventi legislativi, regolativi e atti regionali orientati a promuovere la mobilità urbana multimodale sostenibile, sviluppare una mobilità locale e regionale intelligente, intermodale e resiliente ai cambiamenti climatici, anche attraverso, ad esempio, agevolazioni tariffarie per la promozione dell'utilizzo del mezzo pubblico da parte degli studenti di ogni ordine e grado (LR 4/2021 e 5/2021; DGR 32/18 del 29.07.2021).

Inoltre, nell'ambito della Misura 1 "Transizione Energetica" (sezione Sostenibilità ambientale), si cita la DGR 17/23 del 7.05.2021 con la quale la Giunta Regionale, al fine di garantire la riduzione delle emissioni ed il miglioramento della qualità dell'aria, in linea con gli accordi internazionali e le disposizioni normative dell'Unione Europea, ha definito i criteri di programmazione delle risorse finanziarie finalizzate a favorire il rinnovo del parco autobus utilizzato per i servizi di trasporto pubblico locale e regionale, con l'acquisto di mezzi a più basse emissioni inquinanti e/o caratterizzati da tecnologie di alimentazione innovative. A tal proposito, in linea con la strategia nazionale sulla mobilità definita dal Governo, dal Ministero delle Infrastrutture e della mobilità sostenibili e dalla stessa Regione Sardegna, nell'ottica di conseguire gli ambiziosi obiettivi di riduzione delle emissioni inquinanti e di decarbonizzazione fissati dall'Unione Europea per il 2030, con DGR 46/40 del 25.11.2021 sono stati applicati i criteri di cui alla DGR n.17/23 del 7.05.2021 per la programmazione delle risorse di cui al Fondo complementare al Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR) - adottato con il D.Lgs. n. 59 del 6 maggio 2021 - e ripartite dal Ministero delle Infrastrutture e della mobilità sostenibile con il Decreto n. 315 del 2 agosto 2021 con il quale ha stabilito di destinare le risorse disponibili all'acquisto di autobus per il trasporto pubblico extraurbano e suburbano ad alimentazione a metano, elettrica o ad idrogeno ed alla realizzazione delle relative infrastrutture di alimentazione.

Infine, tra gli interventi regionali già inseriti nel PNR 2021 (DGR n. 11/12 del 24.03.2021) – facenti parte delle misure afferenti alla Raccomandazione 3 - Misura 9 "Mobilità sostenibile" – si cita la realizzazione di una rete ciclabile regionale che, attraverso itinerari extraurbani e urbani, dovrà permettere di rendere la mobilità ciclabile non solo una modalità di fruizione turistica del patrimonio ambientale e paesaggistico dell'isola, ma anche un mezzo di trasporto che rappresenti un'alternativa concreta ed ecosostenibile ai veicoli a motore.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Per ulteriori approfondimenti, si rimanda alla DGR n. 11/12 del 24.03.2021⁴² e alla DGR n.17/9 del 19.05.2022⁴³ e relativi allegati, nelle quali sono riportati tutti i provvedimenti adottati dalla Regione Sardegna relativi rispettivamente ai periodi febbraio 2020 – gennaio 2021 e febbraio 2021 – gennaio 2022, afferenti agli aspetti della mobilità sostenibile nel territorio isolano.

In Sardegna, dunque, la mobilità sostenibile assume un ruolo importante nell'ambito delle politiche di sviluppo regionale e, a tal proposito, si evidenzia che la Regione Sardegna è stata selezionata tra i territori europei in cui avviare azioni pilota permettendo la condivisione di *best practice* attuate da autonomie locali e regionali della UE nel campo della mobilità alternativa. Il progetto pilota (RET 3.2-A2: *Behaviour change campaigns, engaging school communities towards sustainable mobility*) sarà finalizzato alla sperimentazione di modelli di mobilità alternativa avendo come gruppo di riferimento le famiglie e i bambini in età scolare.

La proposta progettuale, predisposta con il supporto dell'Ufficio di Bruxelles della Regione e formulata da un partenariato territoriale di cui fanno parte la Direzione Generale dei Trasporti della Regione Sardegna, il Centro interuniversitario Ricerche economiche e Mobilità dell'Università di Cagliari (CIREM) e la Città Metropolitana di Cagliari, si inserisce nel quadro dell'iniziativa CIVITAS Destinations, attuato dalla Conferenza delle Regioni Periferiche e Marittime a valere su un finanziamento a gestione diretta della Commissione europea⁴⁴. Inoltre, si evidenzia che le città di Cagliari e Oristano rientrano tra le città aderenti alla "Carta della rigenerazione urbana delle green city", che propone, in accordo con il Green City Approach adottato dalla Commissione Europea per lo "European Green Capital Award", di attuare un vasto programma, adeguatamente finanziato, di rigenerazione urbana in cui il tema della mobilità sostenibile rappresenta uno dei pilastri per la riqualificazione urbana in chiave sostenibile⁴⁵.

⁴² DGR n. 11/12 del 24.03.2021. Link per il download:

https://delibere.regione.sardegna.it/it/homepage.page?frame19_item=8&facetNode_1=date_2021_03_24&selectedNode=date_2021_03_24

⁴³ DGR n. 17/23 DEL 7.05.2021. Link per il download:

https://delibere.regione.sardegna.it/it/homepage.page?selectedNode=date_2021_05_07

⁴⁴ La Sardegna in una rete europea di mobilità sostenibile.

<https://www.regione.sardegna.it/index.php?xsl=2425&s=390156&v=2&c=13780&na=1&tb=13769>

⁴⁵ Green City Approach: approccio integrato e multisettoriale al benessere, all'inclusione sociale e allo sviluppo durevole delle città, basato sugli aspetti ormai decisivi della elevata qualità ambientale, dell'efficienza e della circolarità delle risorse, della mitigazione e dell'adattamento al cambiamento climatico. <https://www.greencitynetwork.it/>



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

3.3 Verde urbano e microclima del contesto insediativo

Impatti ambientali e sanitari

Sotto il profilo ecologico, per *verde urbano* si intendono “*le aree verdi entro cui può manifestarsi la natura con vari gradi di libertà, con o senza la presenza dell'uomo. Sono aree caratterizzate dalla presenza di suolo e vegetazione, spontanea e non, indipendentemente dalle loro caratteristiche dimensionali, dalla scala territoriale, urbana o edilizia di riferimento*”⁴⁶.

Nella Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo COM (2013) 249, le infrastrutture verdi vengono definite come *una rete di aree naturali e seminaturali pianificata a livello strategico con altri elementi ambientali, progettata e gestita in maniera da fornire un ampio spettro di servizi ecosistemici. Ne fanno parte gli spazi verdi (o blu, nel caso degli ecosistemi acquatici) e altri elementi fisici in aree sulla terraferma (incluse le aree costiere) e marine. Sulla terraferma, le infrastrutture verdi sono presenti in un contesto rurale e urbano.*

Da un punto di vista operativo L'ISTAT cataloga il verde urbano in relazione alla tipologia di area verde (verde attrezzato, parchi urbani, verde storico, aree di arredo urbano, aree speciali) e alla relativa fruibilità. Quest'ultima, pur essendo sempre garantita, è in genere più associata e concentrata nelle aree di verde attrezzato che assume, prioritariamente, un carattere funzionale ricreativo e sociale.

In linea di principio la funzione del verde urbano la si identifica come unicamente orientata a garantire spazi ad uso ricreativo, sportivo e sociale. Infatti, tali aree svolgono un importante ruolo anche sotto il profilo ambientale, sanitario ed economico. Il verde urbano rappresenta così un importante strumento di compensazione degli impatti indotti dalle attività antropiche sull'ambiente.

A tal riguardo, sono noti i benefici apportati dalle piante sul microclima del tessuto urbano: la presenza di aree verdi determina la produzione di ossigeno, la riduzione di anidride carbonica, l'attenuazione locale del rumore. Inoltre, nei periodi estivi è fondamentale il ruolo del verde urbano per l'attenuazione del fenomeno noto come “*isola urbana di calore*” (*Urban Heat Island – UHI*). Come anticipato nel capitolo 3.1, questa rappresenta una locale alterazione del microclima a causa della presenza di estese superfici che favoriscono l'assorbimento di energia solare (es. superfici bitumate, cementate, pavimentate) e che dunque determinano il riscaldamento dell'aria soprastante, soprattutto nei mesi estivi. L'intensità dell'incremento termico varia in relazione alle stagioni, così come nell'arco della giornata, e dipende da numerosi fattori, tra cui le caratteristiche fisiche delle superfici dell'ambiente costruito e le condizioni meteorologiche prevalenti dell'area.

⁴⁶ Lassini P. et al., 2014, Spazi verdi: manuale di progettazione e gestione agro-ambientale, Edagricole.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

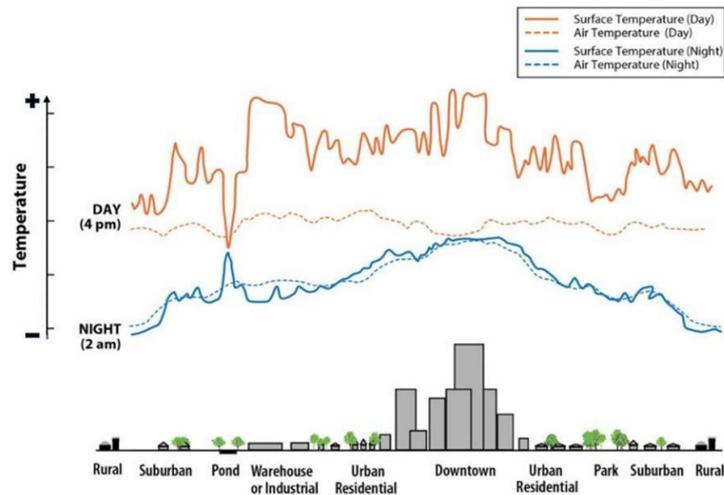


Figura 3.10: profilo di temperatura in differenti aree urbane⁴⁷. Le linee continue indicano la temperatura delle superfici, mentre le linee tratteggiate sono relative al profilo di temperatura dell'aria. Si osserva che, durante il giorno (linee di colore arancione), la temperatura superficiale presenta dei picchi in corrispondenza delle zone in cui sono presenti gli edifici, mentre, laddove vi siano aree verdi (*park*) o bacini d'acqua (*pond*) la temperatura delle superfici risulta più bassa. Durante le ore notturne (linee di colore blu), nell'area densamente costruita, le temperature delle superfici e dell'aria rilevate sono marcatamente superiori rispetto a quella delle aree periferiche.

Isola di calore di Milano

Anomalia termica notturna al suolo (C°).

Anni: 2015-2018 - Fonte: e-GEOS

Si ringrazia e-GEOS per la concessione della mappa realizzata nell'ambito del progetto europeo Life e del progetto Metro-Adapt della città metropolitana di Milano

Anomalia termica notturna

– Isola di calore (+7 °C)

– Assenza di anomalia termica (0 °C)

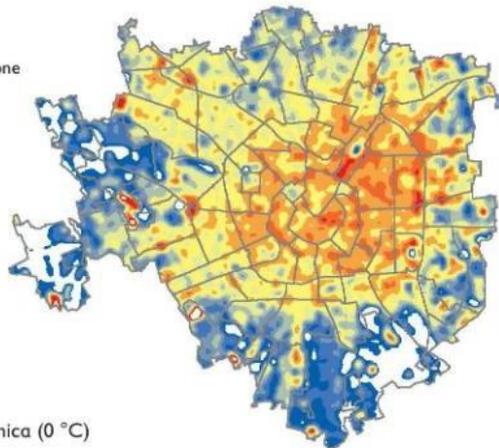


Figura 3.11: isola di calore di Milano⁴⁸.

Al fenomeno dell'isola urbana di calore concorrono le emissioni di calore da parte degli impianti di condizionamento, dei motori degli autoveicoli, ecc.. Inoltre, la disposizione ravvicinata degli edifici dà luogo sia ad un'unica massa termica che disperde calore lentamente, sia ad un effetto barriera nei confronti dei naturali flussi d'aria, limitando fortemente la rapida attenuazione del calore.

⁴⁷ Fonte: Study of the Urban Heat Island (UHI) Using Remote Sensing Data/Techniques: A Systematic Review (De Almeida et al, 2021. *Environments* 2021, 8, 105. <https://doi.org/10.3390/environments8100105>).

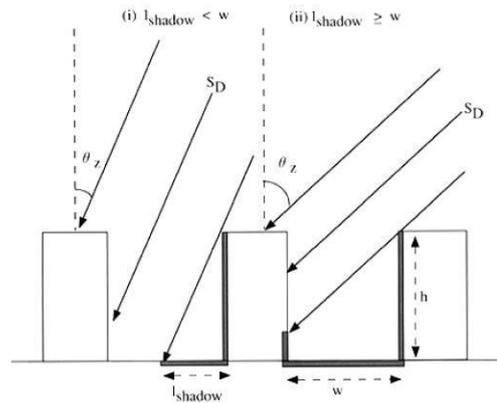
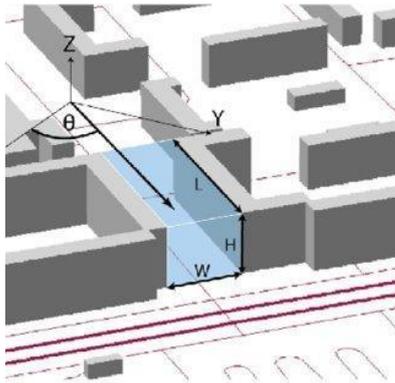
⁴⁸ Fonte: *Città sempre più calde*. Rapporto dell'Osservatorio di Legambiente CittàClima 2020. Legambiente.



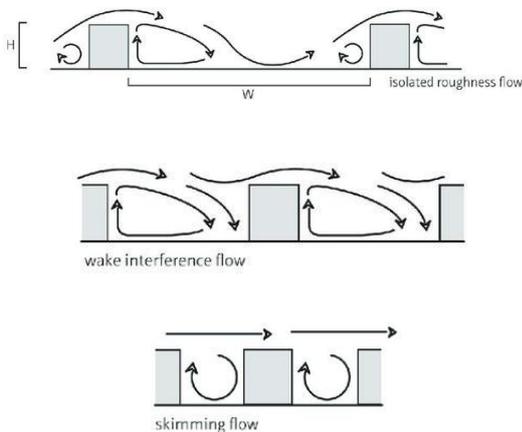
REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

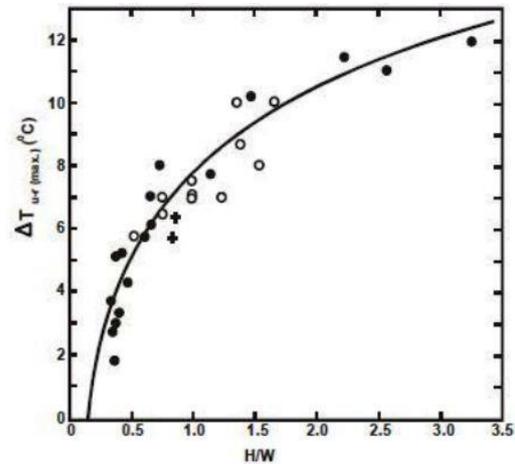
In particolare, in un tessuto urbano continuo e molto denso, si verifica un “*effetto canyon*” causato dalla presenza di edifici alti ubicati in prossimità di strade strette (Figura 3.12a). Durante le ore diurne, gli edifici alti proiettano le ombre su quelli adiacenti determinando una riduzione delle temperature di superficie, mentre, quando la radiazione solare penetra nel canyon questa determina un incremento di temperatura dell’aria che rimane imprigionata a causa dei ridotti flussi d’aria circolanti, caratterizzati da fenomeni di ricircolo non efficaci all’apporto di nuovi volumi d’aria.



a)



b)



c)

d)

Figura 3.12: a) schema di canyon urbano⁴⁹; b) proiezione dell’ombra portata in relazione all’inclinazione della luce solare incidente⁵⁰; c) linee di corrente dei flussi d’aria in relazione alla interdistanza degli edifici⁵¹ d) relazione tra la differenza massima di temperatura tra aree urbane e rurali ($\Delta T_{u-r(max)}$) ed il rapporto (H/W) tra l’altezza degli edifici (H) e l’interdistanza tra edifici (W), basato su osservazioni in 31 città americane (\bullet), europee (\circ) ed australiane ($+$)⁵².

⁴⁹ Fonte: Object-oriented approach to urban canyon analysis and its applications in meteorological modeling (Samsonov et al., Urban Climate 2016).

⁵⁰ L’isola urbana di calore: un problema sociale. Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e di Chimica. Politecnico di Bari. <https://docs.dicitechpoliba.it/filemanager/417/Isola%20calore%20e%20bilancio%20energetico.pdf>

⁵¹ Designing the Urban Microclimate. A framework for a design-decision support tool for the dissemination of knowledge on the urban microclimate to the urban design process (Pijpers-van Esch. Marjolein, A+BE: Architecture and the Built Environment, 2015).

⁵² Fonte: Object-oriented approach to urban canyon analysis and its applications in meteorological modeling (Samsonov et al, Urban Climate 2016)



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

L'incremento massimo di temperatura tra il volume d'aria contenuto all'interno del canyon urbano ($\Delta T_{u-r(max)}$) – definito geometricamente dalla lunghezza (L), interdistanza tra edifici (W) e altezza degli edifici (H) (Figura 3.12a) – rispetto alla temperatura media delle aree rurali, si può stimare mediante la seguente relazione, il cui andamento è riportato in Figura 3.12d:

$$\Delta T_{u-r(max)} = 7,45 + 3,97 \ln (H/W)$$

La vegetazione contrasta tali effetti mediante l'ombreggiamento delle superfici e attraverso l'incremento della evapotraspirazione che, per effetto del rilascio di calore latente, determina il raffreddamento naturale dell'aria circostante.

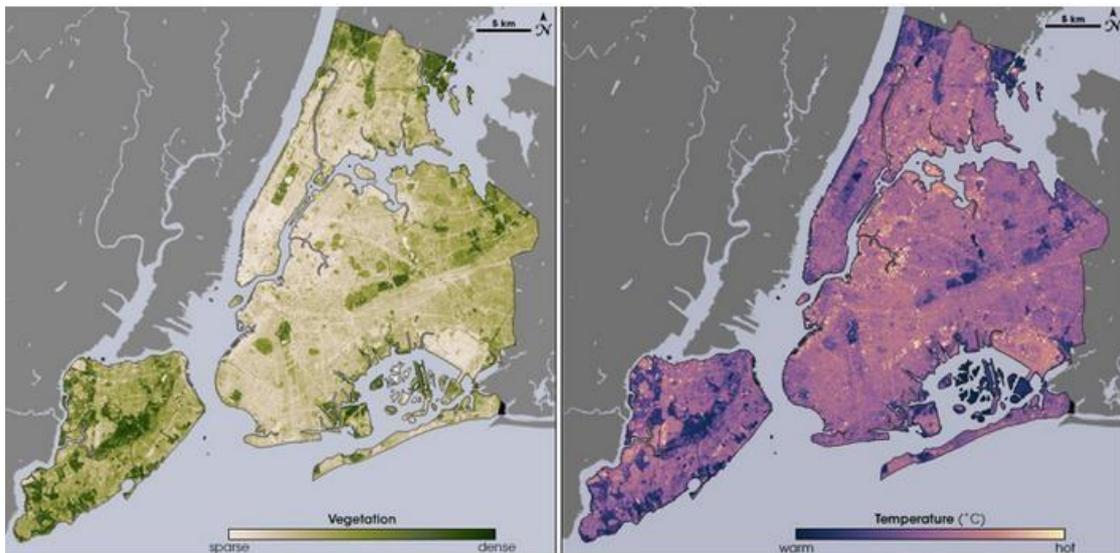


Figura 3.13: immagini NASA/USGS Landsat della città di New York. A sinistra, le aree in verde scuro identificano le superfici più densamente vegetate. Queste coincidono con le zone caratterizzate da temperature più basse (figura a destra, aree in colore scuro).⁵³

Le aree verdi integrate nel tessuto urbano – oltre alla funzione termoregolatrice, con conseguente miglioramento del microclima e riduzione dei consumi energetici – danno luogo ad altri benefici, quali: la facilitazione nell'adozione di stili di vita salutari, la protezione del suolo e la mitigazione dei processi erosivi, la creazione di habitat per il mantenimento della biodiversità, l'attenuazione locale dei livelli di inquinamento atmosferico e acustico. Contestualmente, a tali vantaggi si associano altri fattori quali il miglioramento generale percettivo del sito, la riqualificazione dei luoghi e, non ultimo, l'incremento del valore immobiliare indotto dalla presenza dei suddetti molteplici elementi di vantaggio.

Nell'ambito dell'analisi delle forme insediative è importante descrivere i processi di densificazione e sottrazione di aree verdi che, da un lato, ottimizzano il fabbisogno energetico per l'erogazione dei servizi essenziali (trasporti, energia, rete idrica, raccolta dei rifiuti, ecc.) ma, dall'altro, incidono in maniera negativa sulla mitigazione locale delle temperature, sulla regolazione del ciclo idrogeologico urbano (deflusso superficiale e infiltrazione), indirettamente sulla qualità dell'aria e su altre funzioni ecosistemiche essenziali. Questi processi incidono sulla capacità dei territori di rispondere ad eventi meteorologici estremi, e vanno quindi tenuti in considerazione nella valutazione complessiva del grado di resilienza delle città ⁵⁴.

Lo studio delle forme di urbanizzazione fa riferimento alla lettura combinata di tre indicatori basati sulle metriche dell'Ecologia del Paesaggio che descrivono caratteristiche peculiari delle aree urbane:

- indice LCPI (*Largest Class Patch Index*) valuta la rilevanza dell'area urbana principale di dimensioni maggiori rispetto all'intero territorio urbanizzato. Valori alti dell'indicatore

⁵³ Fonte: <https://climate.nasa.gov/faq/44/can-you-explain-the-urban-heat-island-effect/>

⁵⁴ Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, 2022. Città in transizione: i capoluoghi italiani verso la sostenibilità ambientale. Documento di valutazione integrata della qualità dell'ambiente urbano. Delibera del Consiglio SNPA. Seduta del 16.06.2022 Dc. N. 172/22.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

caratterizzano le città monocentriche, il cui centro urbano ha dimensioni elevate, mentre valori bassi si ritrovano nelle aree con configurazioni urbane diffuse o disperse;

- indice RMPS (*Residual Mean Patch Size*), descrive la distribuzione del costruito attorno al nucleo centrale attraverso la dimensione media degli agglomerati urbani residuali;
- indice ED (*Edge Density*), Descrive la frammentazione del paesaggio urbano, quantificando la densità dei suoi margini. Viene calcolato come rapporto tra la somma dei perimetri dei poligoni delle aree costruite (espressi in metri) e la loro superficie (espressa in ettari).

In relazione ai valori dei suddetti tre parametri è possibile suddividere le città in quattro classi, ognuna delle quali è connotata da diverse caratteristiche di interesse in termini di resilienza:

1. comuni con un tessuto urbano prevalentemente monocentrico compatto;
2. comuni con un tessuto urbano prevalentemente monocentrico con tendenza alla dispersione nei margini urbani;
3. comuni con un tessuto urbano di tipo diffuso;
4. comuni con un tessuto urbano di tipo policentrico.

Come si riporta nel Rapporto SNPA 30 - 2022⁵⁴, la città di Cagliari, ad esempio, è caratterizzata da un nucleo monocentrico con tendenza alla dispersione. La caratteristica di monocentrismo, data dal *LPCI elevato* (quasi 89%), è accompagnata da piccolissime aree edificate che hanno una dimensione media inferiori a 2 ettari non appartenenti al nucleo urbano. Tali caratteristiche incidono sugli impatti relativi a ondate di calore e precipitazioni intense che possono essere mantenuti entro livelli di bassa entità in quanto non è presente il fenomeno della densificazione. Di contro le caratteristiche di diffusione possono incidere mediamente su processi quali la riduzione della biodiversità e la perdita dei servizi ecosistemici.

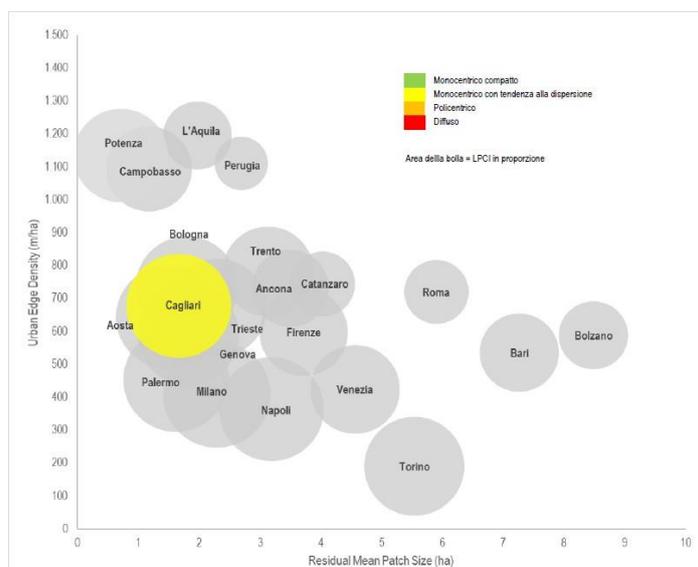


Figura 3.14: forme di urbanizzazione al 2020. Fonte: Rapporto SNPA 30 - 22.

Le seguenti tabelle riportano, per le principali città italiane e, nello specifico, per i centri abitati più popolati della Sardegna, i dati ISTAT (anno 2020)⁵⁵ sulla densità delle aree naturali protette e del verde urbano, in termini di incidenza rispetto alla superficie comunale, e la disponibilità di verde urbano valutata in m²/abitante. Per la Sardegna si evidenziano scarsi valori di incidenza del verde pubblico sul territorio comunale e bassi valori di incidenza di aree a forestazione urbana.

⁵⁵ Link: <https://www.istat.it/it/archivio/264816>



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Tipo dato	Densità delle aree naturali protette (incidenza percentuale sulla superficie comunale)	Densità del verde urbano (incidenza percentuale sulla superficie comunale)	Disponibilità di verde urbano (metri quadrati per abitante)	Densità totale delle aree verdi (aree naturali protette e aree del verde urbano) incidenza sulla superficie comunale (valori percentuali)
ITALIA	16,6	2,8	31,0	19,4
Torino	7,5	15,39	23,3	21,67
Aosta	0,4	3,00	19,1	3,42
Genova	26,3	4,98	21,2	31,25
Milano	-	13,81	18,0	13,83
Trento	6,6	30,05	396,2	36,69
Venezia	62,8	2,66	43,0	65,46
Trieste	33,4	14,65	62,0	48,09
Bologna	26,5	6,11	21,9	32,66
Perugia	16,0	2,32	63,3	18,20
Ancona	25,3	4,17	52,5	29,52
Roma	32,2	3,61	16,7	35,58
L'Aquila	50,1	0,40	27,4	50,49
Napoli	24,1	10,13	12,9	31,54
Bari	1,9	2,51	9,3	4,45
Potenza	0,9	6,00	159,7	6,86
Catanzaro	-	4,47	58,1	4,47
Palermo	29,4	4,75	11,9	34,13

COMUNI	Tipologie del verde urbano (composizione percentuale)													
	Densità del verde urbano (incidenza a % sup. com.le)	Verde storico ex D.lgs 42/2004 e s.m.i.	Grandi parchi urbani	Verde attrezzato	Aree di arredo urbano	Forestazione urbana	Giardini scolastici	Orti botanici	Orti urbani	Cimiteri	Aree sportive all'aperto	Aree boschive	Verde incolto	Altro
Sassari	0,40	4,56	20,75	2,39	1,17	1,92	5,31	0,00	0,11	6,76	1,27	14,60	41,18	0,00
Nuoro	0,62	4,98	9,87	3,94	0,36	0,42	7,31	0,00	0,21	2,11	5,50	25,64	33,83	5,84
Oristano	1,90	0,00	6,30	47,34	1,97	0,00	3,36	0,00	0,19	7,44	13,99	0,00	11,10	8,31
Cagliari	7,25	2,38	17,15	9,37	21,70	0,00	4,10	0,82	0,00	2,99	4,92	0,00	36,57	0,00
Carbonia	1,70	0,71	7,41	0,62	2,31	0,39	2,61	3,56	0,00	2,13	0,56	79,53	0,00	0,18
Italia	2,82	12,17	16,07	11,47	9,15	2,12	3,67	0,25	0,38	2,52	4,30	27,46	7,45	2,99

Tabelle 3.1: densità e composizione tipologica del verde urbano pubblico. Fonte: dati ISTAT 2020.



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

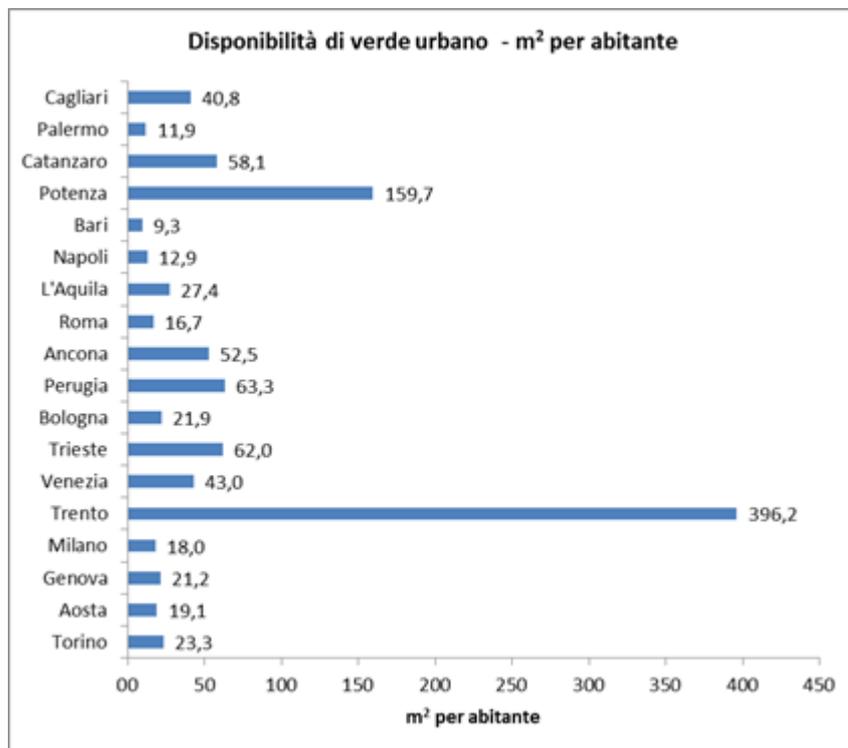


Figura 3.15: disponibilità di verde urbano (m²/abitante) per alcuni capoluoghi di Regione (dati ISTAT 2020).

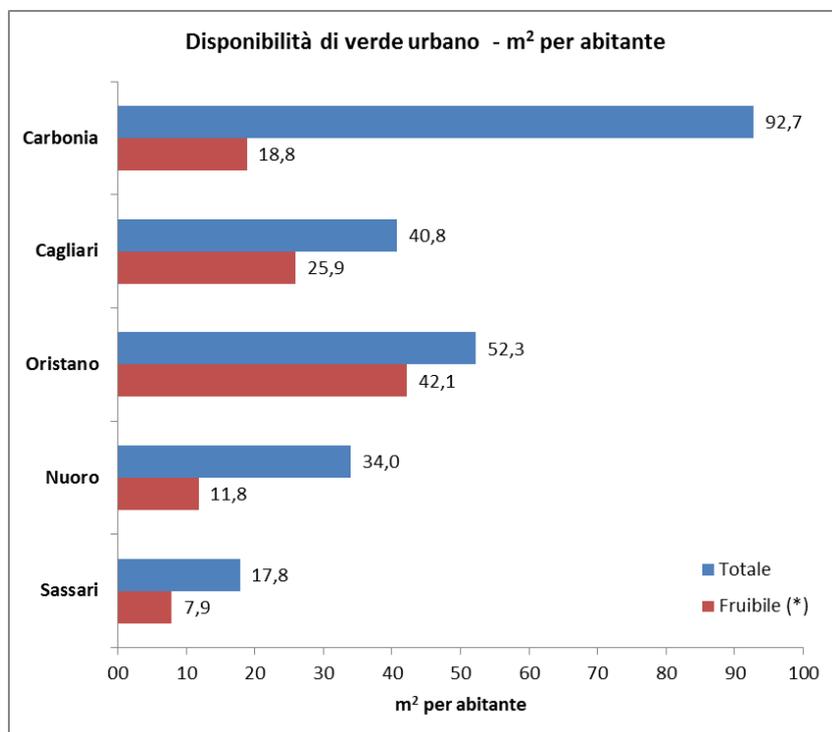


Figura 3.16: disponibilità di verde urbano totale e fruibile (m²/abitante) – Regione Sardegna (dati ISTAT 2020).

(*) sono considerate "aree verdi fruibili" le aree verdi gestite da enti pubblici e disponibili per i cittadini (le aree boschive, le aree verdi incolte e altre tipologie di verde urbano).



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Per quanto riguarda la città di Cagliari, il rapporto SNPA 30 - 2022⁵⁴ mette in evidenza che i valori di incidenza di verde urbano e suburbano (sia di proprietà pubblica che privata) sono bassi e l'area urbana risulta piuttosto densa e circondata da aree naturali e agricole scarsamente vegetate. Tuttavia, è molto importante la quota di territorio comunale tutelato (il 51,6%) e la presenza di siti della rete Natura 2000 che proteggono importanti aree umide costiere (stagni e saline). La medesima fonte riporta che a Cagliari, la percentuale di *superficie vegetata* - indicatore fondamentale per comprendere la capacità di un sistema urbano a fronteggiare i rischi derivanti dai cambiamenti climatici (ondate di calore, dissesto idrogeologico per esempio) e valutarne la resilienza - mostra un trend positivo, aumentando dal 33% del 2016 al 36% degli anni successivi, collocandosi sempre nella fascia dei valori più bassi riscontrati tra i capoluoghi regionali. La percentuale di *superficie arborea* è inferiore al 10% dell'intera *superficie vegetata* – sia pubblica che privata.

L'infrastruttura verde, nel complesso, è pertanto un elemento della pianificazione e progettazione urbana che deve essere opportunamente integrata nell'ambiente costruito al fine di mitigare gli impatti antropici, migliorare le condizioni ecologiche e climatiche del tessuto urbano, contribuire alla riduzione dei consumi energetici e offrire benefici alla salute della popolazione. Le infrastrutture verdi e blu (IV&B) sono uno strumento di comprovata efficacia per ottenere benefici ecologici, economici e sociali ricorrendo a soluzioni "naturali"⁵⁶. Le IV&B possono essere pensate come telaio per un progetto moderno del tessuto urbano, improntato su un disegno multifunzionale che, su scala locale e territoriale, includa nuovi spazi aperti, socialmente inclusivi, volti ad incrementare la biodiversità e migliorare il benessere umano.

Le infrastrutture verdi sono efficacemente integrabili con le reti della mobilità lenta e possono essere un utile strumento progettuale per la rigenerazione urbana. Inoltre, come evidenziato nella Comunicazione al Parlamento Europeo COM (2021)82, le IV&B rappresentano un importante strumento per rafforzare il processo di adattamento ai cambiamenti climatici⁵⁷ e concorrono a rendere le città inclusive, resilienti e sostenibili, in linea con gli obiettivi dell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile. Questo obiettivo è stato declinato nella Strategia Nazionale di Sviluppo Sostenibile (SNSvS) e così anche nella Strategia Regionale per lo Sviluppo Sostenibile (SRSvS), approvata con DGR n. 39/56 del 8/10/2021⁵⁸. Quest'ultima, nell'ambito del Tema Strategico "Sardegna + verde", riporta l'obiettivo strategico "Migliorare la gestione delle risorse idriche anche al fine di contenere l'esposizione al rischio siccità e ondate di calore" che comprende, tra gli altri, gli interventi per la riduzione e gestione del rischio legato all'aumento delle temperature in ambito urbano. Al riguardo sono state definite le azioni per l'attuazione della SRSvS, tra cui gli interventi di attenuazione degli effetti delle ondate di calore nella pianificazione delle aree urbane quali: incremento della superficie delle aree verdi, creazione di isole d'ombra, inserimento di corridoi ecologici, tetti verdi, superfici urbani a forte albedo.

In relazione ai suddetti obiettivi e nell'ottica di migliorare la qualità della vita ed il benessere dei cittadini attraverso la tutela delle aree verdi esistenti e la creazione di nuove aree verdi, anche al fine di preservare e valorizzare la biodiversità e i processi ecosistemici, il Ministero della Transizione Ecologica ha firmato l'accordo per circa 330 milioni di euro per la tutela e valorizzazione del verde urbano ed extraurbano prevista dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR). L'obiettivo è piantare almeno 6,6 milioni di alberi (per 6.600 ettari di foreste urbane). Per quanto riguarda la Città Metropolitana di Cagliari, saranno messi a dimora 311 mila alberi su una superficie di 311 ettari (1000 piante per ettaro). La piantumazione includerà esclusivamente specie coerenti con la vegetazione naturale del territorio⁵⁹.

⁵⁶ Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo COM(2013) 249 final. Infrastrutture verdi. Rafforzare il capitale naturale in Europa.

⁵⁷ Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo COM(2021) 82 final. Plasmare un'Europa resiliente ai cambiamenti climatici. La nuova strategia dell'UE di adattamento ai cambiamenti climatici.

⁵⁸ Delib. GR n. 39/56 del 8/10/2021

https://delibere.regione.sardegna.it/it/visualizza_delibera.page;jsessionid=0380B26175905AD29920320426058505.app4?contentId=D BR57095

⁵⁹

https://www.cittametropolitanacagliari.it/portale/page/it/forestazione_urbana_dal_mite_8_milioni_di_euro_per_300_mila_nuove_piante_in_6_comuni_metropolitani_it_1?contentId=NVT16263



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Si cita, inoltre, il “*Programma sperimentale di interventi per l'adattamento ai cambiamenti climatici in ambito urbano*” (istituito con Decreto Direttoriale del Ministero della Transizione Ecologica n. 117 del 15 aprile 2021), finalizzato ad aumentare la resilienza dei sistemi insediativi soggetti ai rischi generati dai cambiamenti climatici, con particolare riferimento alle ondate di calore e ai fenomeni di precipitazioni estreme e di siccità attraverso la realizzazione, da parte delle amministrazioni comunali, di interventi su aree e beni di proprietà pubblica. A titolo di esempio:

- realizzazione di spazi verdi in ambito urbano o di forestazione periurbana, funzionali a mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici;
- realizzazione di interventi di edilizia climatica, tetti e pareti verdi, cortine alberate ombreggianti, sistemi di coibentazione e ventilazione naturale, tetti freddi e tetti ventilati, ecc.;
- utilizzo di materiali riflettenti/basso assorbimento di calore, per utilizzi orizzontali e verticali, ad esempio per pavimentazioni/arredo urbano, strutture ombreggianti.

Tra gli interventi finanziati dal predetto Programma, figura la realizzazione di un nuovo parco sostenibile all'interno del tessuto urbano di Cagliari, per il quale sono stati stanziati circa 1,5 milioni di euro.

Il verde urbano rappresenta un importante ausilio per la salute dei cittadini in quanto sono numerosi i benefici in termini di miglioramento del benessere psico-fisico. Un primo aspetto è correlato alla mitigazione del clima urbano, contribuendo a ridurre gli impatti sulla salute delle ondate di calore. Inoltre, la presenza di aree verdi in ambito urbano, o meglio ancora di un'infrastruttura verde interconnessa, favorisce l'adozione di stili di vita salutari, facilitando lo svolgimento di attività fisiche e ludico-ricreative e contrastando così la sedentarietà. Come è noto e ampiamente documentato, l'adozione di uno stile di vita attivo, riduce la frequenza di patologie cardiovascolari, respiratorie, muscolo-scheletriche ed apporta benefici fisiologici oltre che incidere positivamente sul benessere psicologico dell'individuo.

Uno studio condotto in Germania su un campione di circa 400.000 persone, rappresentative della popolazione tedesca in termini di età, genere e tipologia di patologie, mostra la forte relazione tra varie patologie e la disponibilità di superficie di verde urbano presente entro un raggio di 1 km dall'abitazione (Tabella 3.2): l'analisi dei dati di prevalenza delle patologie cardiovascolari, muscolo-scheletriche, mentali, respiratorie, dell'apparato gastroenterico e di altri disturbi di salute (diabete, cancro, eczema, ecc.) mette in evidenza come la maggiore disponibilità di aree verdi in prossimità del luogo di residenza determini una sensibile riduzione di numerose patologie.

Cluster	Prevalenza per 1000 persone	
	10% spazi verdi	90% spazi verdi
Cardiovascolari		
Pressione alta	23,8	22,4
Malattia coronarica	1,9	1,5
Ictus, emorragia cerebrale	0,92	0,76
Muscoloscheletriche		
Disturbi al collo e alla schiena	125	106
Gravi disturbi alla schiena	99,2	65,8
Gravi disturbi al collo e alla spalla	75,6	63,3
Gravi disturbi al gomito, polso e mano	23	19,3
Osteoartrite	21,8	21,3
Artrite	6,7	6,2
Mentali		
Depressione	32	24
Disturbo d'ansia	26	18
Respiratorie		
Infezione del tratto respiratorio superiore	84	68



Cluster	Prevalenza per 1000 persone	
	10% spazi verdi	90% spazi verdi
Bronchite/polmonite	16	14,7
Asma, Broncopneumopatia cronica ostruttiva	26	20
Neurologiche		
Emicrania/forte mal di testa	40	34
Vertigine	8,3	6,6
Sistema digerente		
Gravi disturbi intestinali	14,9	12,3
Malattia infettiva del canale intestinale	6,5	5,1
Varie		
Sintomi somatici inspiegabili	237	197
Eczema cronico	5,5	4,9
Infezione acuta del tratto urinario	23,2	19,4
Diabete mellito	10	8
Cancro	4,9	4,4

Tabella 3.2: tassi di prevalenza per diversi cluster di malattie (per 1000 persone) residenti in ambienti di vita con il 10% e il 90% di superficie di spazi verdi disponibili entro il raggio di un km dall'abitazione. Traduzione e adattamento da pubblicazione scientifica di J. Maas et al., 2009⁶⁰.

La disponibilità di aree verdi in ambito urbano determina benefici diretti anche sotto il profilo psicologico. In particolare, la vegetazione favorisce l'occultamento di strutture e infrastrutture che possono essere sgradevoli alla vista, aumenta il senso di *privacy* e viene attenuata la sensazione di sovraffollamento. Viene inoltre favorito il ripristino del benessere cognitivo e la riduzione di condizioni di stress acuto. Numerose evidenze scientifiche documentano l'effetto di riduzione dello stress attraverso la sola percezione visiva di contesti urbani più naturali (Ulrich e Parsons, 2020)⁶¹.

Insieme al recupero dallo stress e dall'affaticamento mentale, gli effetti calmanti del verde agirebbero anche nei confronti di stati d'animo come la rabbia, l'ansia e la tristezza. I bambini che trascorrono più tempo nelle aree ricreative presentano una riduzione dell'incidenza di disturbi del comportamento e, in particolare, un miglioramento dei sintomi dell'ADHD (Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività)⁶².

Evidenze di letteratura descrivono il verde urbano come elemento di supporto per la coesione sociale attraverso la costituzione di opportunità di alta interazione tra individui, anche di differenti culture ed estrazione sociale, indispensabili per lo sviluppo della comunità locale. Tale interazione sociale viene agevolata dal fatto che le persone possono essere più propense a prender parte ad attività collettive che si svolgono in tali spazi quali attività ricreative e sportive (es. corsi di ginnastica, escursioni in bicicletta, ecc.), manifestazioni culturali, ecc.⁶³. Questi aspetti riducono i rischi di salute indiretti, correlati ai fattori psicologici associati alla solitudine che spesso interessa i soggetti più fragili ed emarginati.

Un importante aspetto è rappresentato anche dalla riduzione dell'esposizione agli inquinanti atmosferici ad opera della componente vegetazionale. Sono noti, infatti, i processi di rimozione degli inquinanti atmosferici da parte degli apparati fogliari delle piante. Il particolato aerodisperso, ad esempio, viene in parte intercettato dalle superfici fogliari rugose per poi essere dilavato dall'acqua piovana. Inoltre, gli inquinanti gassosi come

⁶⁰ J. Mass et al., 2009. *Morbidity is related to a green living environment*. J Epidemiol Community Health.

⁶¹ Ulrich & Parsons 1992 *Influences of experiences with plants on well-being and health. The role of Horticulture in Human Well-Being and Social Development (2020)*.

⁶² Simona Re. *Spazi verdi e spazi blu allungano la vita*. (Micron/ ambiente e salute).

⁶³ Konijnendijk wt. all, 2013. *Benefits of Urban Parks. A systemic review*. IFPRA.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

l'ozono, gli ossidi di azoto e zolfo, il monossido di carbonio e l'anidride carbonica possono essere assorbiti dalle piante.

Non tutte le specie arboree hanno la stessa potenzialità di rimozione degli inquinanti atmosferici. Gli studi condotti dimostrano come mediamente gli alberi siano più efficienti nella cattura delle polveri rispetto agli arbusti, vista la loro maggiore superficie fogliare disponibile e la struttura della chioma più articolata e complessa. Le conifere, in particolare i generi *Pinus*, *Picea* e *Cupressus* risultano efficienti nell'abbattimento degli inquinanti atmosferici, pur essendo sensibili alle alte concentrazioni di questi composti; per questo motivo se ne sconsiglia l'utilizzo in contesti fortemente inquinati⁶⁴.

In linea generale, al fine di massimizzare gli effetti positivi, le piante messe a dimora in ambito urbano devono rispettare alcuni requisiti, quali: elevata densità della chioma, longevità del fogliame, bassa capacità di emissione di composti organici volatili, ridotta allergenicità e ridotto fabbisogno idrico.

Come meglio evidenziato nel capitolo 4.2, oltre alla riduzione dell'esposizione della popolazione all'inquinamento atmosferico, il verde urbano è in grado di mitigare l'esposizione al rumore associato al traffico veicolare, alle attività produttive e ricreative, etc., per effetto della attenuazione delle onde sonore che vengono intercettate dalle fasce vegetazionali. L'efficienza di controllo del rumore, si differenzia fra le varie specie in base ai caratteri fenologici, in particolare: caratteristiche del fogliame, portamento dell'individuo, orientamento delle foglie o fillotassi e densità della chioma. Un esempio di specie arborea indicata alla funzione di schermatura del rumore è il leccio (*Quercus ilex*) in quanto specie sempreverde, con foglie spesse, chioma densa e portamento compatto⁶⁴.

Di seguito, alcune specie che, per le loro caratteristiche morfo-funzionali, sono maggiormente indicate per interventi di mitigazione dell'inquinamento atmosferico e del rumore in ambito urbano⁶⁴.

Aceri (es. <i>Acer campestre</i> e <i>A. platanoides</i>)	Sono particolarmente resistenti agli inquinanti atmosferici, oltre ad essere efficienti per la realizzazione di barriere fonoassorbenti e per azioni di mitigazione dei cambiamenti climatici. Sono infatti impiegati nei rimboschimenti finalizzati al sequestro della CO ₂ atmosferica.
Querce (<i>Quercus cerris</i> , <i>Q. ilex</i> , <i>Q. robur</i> , <i>Q. frainetto</i> , <i>Q. pubescens</i>)	Sono alberi longevi, di grandi dimensioni e con chiome generalmente dense e caratterizzati da tratti autoecologici diversificati che li rendono adatti a differenti ambienti e climi. Per la funzione fonoassorbente possono essere utilizzati il cerro, la roverella e il leccio. Tuttavia, l'utilizzo di alcune querce va valutata con attenzione in base alla qualità dell'aria del sito, in quanto queste possono emettere elevate quantità di COV. Il leccio dovrebbe essere limitato ad aree lontane da fonti di precursori di inquinanti, in quanto potrebbe tendere a favorire la formazione di inquinanti di genesi secondaria come l'ozono. In ambiente periurbano è possibile utilizzare anche la sughera (<i>Q. suber</i>), meno adattata all'ambiente prettamente urbano.
Olmi (<i>Ulmus minor</i> e <i>U. montana</i>)	Alberi longevi, alti e con chioma densa e ampia, idonei dunque per la mitigazione dell'inquinamento sia acustico che atmosferico. Entrambe le specie vengono utilizzate come alberi ornamentali nel verde urbano.
Tigli (<i>Tilia cordata</i> , <i>T. platyphyllos</i> , <i>T. x vulgaris</i>)	Oltre ad essere generalmente di grandi dimensioni e longeve, hanno dense chiome, adatte dunque sia alla mitigazione dell'inquinamento atmosferico che acustico. Le loro foglie presentano delle secrezioni viscosi che possono aumentare l'efficienza di ritenuta del particolato sospeso in atmosfera, sulle foglie stesse.
Bagolaro (<i>Celtis australis</i>)	Specie longeva, di grandi dimensioni e con chioma ampia, molto diffusa per le alberature e nelle aree verdi urbane, grazie alla sua adattabilità e resistenza all'inquinamento e alla sua folta e larga chioma che genera ombra.

⁶⁴ Linee guida di forestazione urbana sostenibile di Roma Capitale. ISPRA. Manuali e Linee Guida 129/2015.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Conifere (es. <i>Cupressus sempervirens</i> , <i>Cedrus. Atlantica</i>)	Piante sempreverdi ad elevata superficie fogliare che, pur essendo efficienti nel mitigare l'inquinamento sia atmosferico che acustico grazie alla loro chioma complessa e folta, sono specie che possono soffrire livelli elevati di inquinamento e che quindi non dovrebbero essere collocate in contesti ambientali caratterizzati ad esempio da forti emissioni antropiche.
Arbusti (<i>Erica arborea</i> , <i>Viburnum tinus</i>)	L'erica arborea e il viburno, entrambi sempreverdi, risultano appropriati sia per la funzione fonoassorbente che per l'abbattimento degli inquinanti aerodispersi, anche grazie al loro portamento che li rende adatti alla realizzazione di fasce verdi in prossimità del terreno, a supporto delle specie arboree come le conifere, che spesso sono caratterizzate da porzioni "vuote" o con scarso fogliame in prossimità del suolo.

Nonostante i numerosi benefici sopra indicati, sono da mettere in evidenza alcuni effetti avversi correlati alla presenza di particolari tipologie di piante che possono determinare, ad esempio, manifestazioni allergiche o, in taluni casi, possono essere tossiche per l'uomo. La pollinosi è la più comune allergopatia che determina manifestazioni cliniche nasali (prurito, starnuti, ostruzione, rinorrea), oculari (prurito, lacrimazione, iperemia congiuntivale, fotofobia) e bronchiali (tosse, respiro sibilante, dispnea, senso di costrizione toracica): queste si sviluppano con cadenza stagionale, durante il periodo della pollinazione, in soggetti diventati specificamente sensibili ai pollini di determinate famiglie di erbe e di alberi. Pertanto, nella progettazione di impianti di verde pubblico e privato, è bene considerare come primo parametro di scelta un medio/basso potenziale allergenico, prediligendo le specie entomofile (ossia piante la cui impollinazione avviene ad opera di insetti), e successivamente i restanti fattori di progetto quali, ad esempio, l'acclimatazione, la rusticità delle piante, l'areale di origine, la tipologia di apparati radicali, i costi di manutenzione, gli aspetti ornamentali, ecc.⁶⁵.

Finalità
Integrare nel tessuto urbano infrastrutture verdi orientate a contrastare l'effetto "isola urbana di calore", ridurre l'inquinamento acustico di sorgenti esterne agli edifici e migliorare il benessere dei cittadini.
Obiettivi prestazionali sanitari e ambientali
<ul style="list-style-type: none">• Ridurre il fenomeno dell'isola urbana di calore attraverso l'integrazione del verde urbano con regolazione termoclimatica dell'ambiente costruito.• Attenuare l'inquinamento atmosferico ed acustico.• Costituire spazi verdi orientati a migliorare il <i>comfort psicofisico</i> dei cittadini negli ambienti esterni ed interni di un edificio, tenendo in considerazione le condizioni di maggior svantaggio sociale.• Favorire l'adozione di stili di vita salutari.
Buone pratiche
Prevedere, a partire dalla fase progettuale di un nuovo complesso edilizio, la realizzazione di aree verdi integrate al tessuto urbano, finalizzate alla mitigazione del fenomeno dell'isola urbana di calore, all'attenuazione locale dell'inquinamento atmosferico e alla riduzione del rumore generato dalle attività antropiche.
Dotare le aree verdi di elementi di arredo urbano e attrezzature per diverse funzioni e diverse tipologie di utenti, correttamente dimensionate alle esigenze locali, che incrementino le opportunità di praticare attività fisica e ludico-ricreativa.
Nella realizzazione di un nuovo complesso insediativo, curare l'interdistanza tra strutture, l'orientamento e la reciproca posizione degli edifici al fine di ridurre le ostruzioni che, oltre a limitare l'apporto di luce solare, possono ridurre la libera circolazione dell'aria ed il conseguente effetto di attenuazione del calore emesso dalle strutture stesse e dalle attività antropiche e la dispersione dei contaminanti atmosferici.
Utilizzare materiale idoneo per il controllo dell'albedo della pavimentazione degli spazi aperti al fine di ridurre le temperature superficiali con effetti positivi sul comfort esterno, sulla riduzione dei carichi solari e di conseguenza, sulla necessità di condizionamento degli spazi chiusi.

⁶⁵ Cariñanos P., Marinangeli F. 2021. *An updated proposal of the Potential Allergenicity of 150 ornamental trees and shrubs in Mediterranean Cities*. Urban Forestry and Urban Greening, 2021, 63, 127218. Elsevier ed. ISSN: 1618-8667.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Ove è possibile, massimizzare l'ombreggiamento estivo delle superfici artificiali altamente riflettenti (in particolare delle superfici vetrate) esposte a Sud/Sud-Ovest e di grandi dimensioni (es. parcheggi, coperture, superfici murarie, etc.), nonché delle sezioni esterne di dissipazione del calore degli impianti di climatizzazione, mediante la messa a dimora di cortine vegetazionali composte da alberi ad alto fusto.

Realizzare coperture in verde pensile e verde verticale a bassa manutenzione e ridotto fabbisogno idrico.

Progettare le aree verdi (parchi urbani, verde attrezzato, ecc.) avendo cura di considerare la corretta fitoassociazione delle specie vegetali, costituendo habitat semi-naturali che sviluppino biodiversità, prediligendo la piantumazione di essenze autoctone a bassa manutenzione, non infestanti, resistenti alle fitopatologie e a ridotto fabbisogno idrico. Privilegiare le specie vegetali che non rilasciano allergeni, specialmente se le aree verdi sono prospicienti a edifici scolastici, ambulatori, ospedali, case di cura, ecc.. Curare la densità di piantumazione che deve, da un lato favorire la riproduzione naturale delle essenze e dall'altro garantire le attività di manutenzione e la semplice e sicura accessibilità e fruibilità delle aree verdi a tutte le categorie di utenti.

Realizzare le superfici delle aree di sosta (aree parcheggio) esterne mediante prati carrabili, terreni naturali stabilizzati, pavimentazioni drenanti, che consentano l'infiltrazione delle acque meteoriche al fine di evitare il ristagno e la proliferazione di insetti e parassiti, e di favorire l'evapotraspirazione naturale. Privilegiare l'utilizzo di sabbie, ghiaie e materiali lapidei reperiti da siti di estrazione prossimi al luogo di intervento o eventualmente materiali di riciclo. Favorire l'adeguato ombreggiamento di tali aree attraverso opportune piantumazioni a bassa manutenzione e che consentano la riduzione dell'impatto visivo delle aree di sosta dei veicoli.

Redigere il piano di gestione e manutenzione delle aree verdi identificando, tra l'altro, gli interventi di controllo della flora instante per minimizzare l'aerodispersione di pollini, i sistemi di prevenzione e controllo di animali infestanti, le soluzioni tecniche per la riduzione degli sprechi dell'acqua di irrigazione, l'eventuale accumulo in apposite vasche dell'acqua piovana (eventualmente trattata) e riutilizzo per uso irriguo, la gestione degli sfalci, ecc..

Progettare la ventilazione naturale degli edifici, oltre che attraverso lo studio dell'orientamento degli edifici, della disposizione degli ambienti interni e delle aperture in relazione ai venti dominanti e degli ulteriori criteri progettuali inerenti alla selezione dei materiali da costruzione, prevedendo, laddove è possibile, il raffrescamento passivo degli edifici mediante l'integrazione di elementi di verde negli spazi esterni.

Strumenti di verifica

Documentazione progettuale del nuovo edificio o del nuovo complesso edilizio comprendente:

- la descrizione delle caratteristiche complessive del sito (microclima, esposizione solare e ai venti dominanti, emissioni di inquinanti, ecc.) con l'evidenza dei fattori che concorrono alla generazione dell'effetto di isola di calore e le soluzioni progettuali e tecniche finalizzate alla mitigazione di tale effetto;
- la descrizione dei criteri adottati nella selezione dei materiali impiegati per la costruzione degli edifici, con particolare attenzione alla caratterizzazione costruttiva delle superfici maggiormente esposte al sole (superfici esposte a Sud e Sud-ovest) ed alle proprietà di assorbimento e di riflessione della radiazione solare (albedo).
- la descrizione delle fasi di ombreggiamento nell'arco della giornata ed in funzione delle stagioni e l'effetto indotto dalla presenza di componenti vegetazionali;
- l'analisi della percentuale delle aree permeabili e verdi rispetto alle aree esterne di pertinenza dell'edificio;
- laddove previste, progetto delle acque ludiche (giochi d'acqua) con relativi impianti calcolo della superficie complessiva;
- stima della percentuale di superficie lorda di copertura dell'edificio destinata all'utilizzo della tecnologia del verde pensile;
- l'analisi dettagliata delle tipologie di specie vegetali impiegate per la realizzazione delle aree verdi, i criteri di fitoassociazione e di selezione delle specie adottati in relazione alla necessaria frequenza di



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

manutenzione, uso di fitofarmaci, produzione di allergeni, ecc.;

- il piano di gestione e manutenzione delle aree verdi, finalizzato alla riduzione dei consumi idrici ed energetici e alla riduzione della produzione di rifiuti organici.

Approfondimenti

Le piante da inserire nei giardini pubblici e privati non devono essere nocive, pertanto, è opportuno evitare specie con spine sui rami o sulle foglie, specie urticanti o con parti velenose (es. tasso, oleandro, fillirea), specie arboree con polline ad elevato contenuto allergenico (cipresso, betulla, nocciolo, carpino, ontano), nonché erbe appartenenti a graminacee, parietaria e composite.

Recenti studi⁶⁶ hanno definito un indice di allergenicità potenziale per alcune specie vegetali, basato su tre fattori ecologici prevalenti: il tipo di impollinazione, la durata della fioritura e la presenza di allergeni nel database internazionale *Allergen Nomenclature Database* WHO – IUIS (*World Health Organization - International Union of Immunological Societies*). In particolare, sono stati identificati gli indici allergenici delle principali specie usate nei parchi urbani di città mediterranee (Italia-Spagna). Tale indice (VPA - Valore del Potenziale Allergenico) esprime l'allergenicità potenziale di una specie vegetale o del genere di appartenenza della specie quale sorgente di polline allergenico diffuso nell'ambiente durante il periodo di pollinazione, e vengono definite 5 classi di allergenicità (Tabella 3.3).

VALORE DEL POTENZIALE ALLERGENICO (VPA)	ALLERGENICITÀ	INDICAZIONI
0	Nulla	-
1 – 6	Bassa	-
8 – 12	Moderata	Da preferire rispetto alle specie dei gruppi precedenti
16 – 24	Alta	Se possibile trovare alternative, piantare individui femmina se dioiche e comunque limitare il numero di individui al minimo
27 – 36	Molto alta	Evitare l'impianto, specialmente nelle aree sensibili

Tabella 3.3: classi di allergenicità secondo il Valore di Potenziale Allergenico (VPA).

La tabella seguente riporta la classe di allergenicità per le 150 specie di alberi ornamentali più comunemente utilizzate in ambito urbano nelle città mediterranee di Italia e Spagna.

SPECIE	ALLERGENICITÀ
<i>Abies</i> spp.	Bassa
<i>Acacia</i> spp.	Bassa
<i>Acer</i> spp (escl. <i>A. negundo</i>)	Moderata
<i>Acer negundo</i>	Moderata
<i>Aesculus hippocastanum</i>	Bassa

⁶⁶ Cariñanos, P., Marinangeli, F. 2021. *An updated proposal of the Potential Allergenicity of 150 ornamental Trees and shrubs in Mediterranean Cities*. Urban Forestry and Urban Greening, 2021, 63, 127218. Elsevier ed. ISSN: 1618-8667.

Cariñanos, P., Casares-Porcel, M., Quesada-Rubio, J.M., 2014. Estimating the allergenic potential of urban green spaces: A case-study in Granada, Spain. *Landscape and Urban Planning*, 123:134-144.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

SPECIE	ALLERGENICITÀ
<i>Ailanthus altissima</i>	Alta
<i>Albizia julibrissin</i>	Bassa
<i>Alnus glutinosa</i>	Alta
<i>Alnus incana</i>	Alta
<i>Amelanchier canadensis</i>	Nullo
<i>Araucaria</i> spp.	Alta
<i>Arbutus unedo</i>	Bassa
<i>Bahuinia</i> spp.	Bassa
<i>Berberis julianae</i>	Nullo
<i>Betula</i> spp.	Molto alta
<i>Brachychiton</i> spp.	Bassa
<i>Broussonetia papyrifera</i>	Molto alta
<i>Callistemon</i> spp.	Moderata
<i>Calocedrus decurrens</i>	Moderata
<i>Camelia japonica</i>	Bassa
<i>Campsis radicans</i>	Bassa
<i>Carpinus betulus</i>	Molto alta
<i>Carya</i> spp.	Alta
<i>Castanea sativa</i>	Moderata
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Molto alta
<i>Catalpa bignonioides</i>	Bassa
<i>Cedrus atlantica</i>	Bassa
<i>Cedrus deodara</i> , <i>C. libani</i>	Moderata
<i>Ceiba insignis</i>	Bassa
<i>Celtis australis</i>	Moderata
<i>Cephalotaxus drupaceae</i>	Moderata
<i>Ceratonia siliqua</i>	Bassa
<i>Cercidiphyllum japonicum</i>	Moderata
<i>Cercis siliquastrum</i>	Bassa
<i>Chamaerops humilis</i>	Alta
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	Molto alta
<i>Chimonanthus praecox</i>	Bassa
<i>Citrus</i> spp.	Bassa
<i>Cornus sanguinea</i>	Bassa
<i>Corylus avellana</i>	Molto alta
<i>Cotoneaster</i> spp.	Bassa
<i>Crataegus</i> spp.	Bassa
<i>Cryptomeria japonica</i>	Molto alta
<i>Cupressocyparis leylandii</i>	Molto alta
<i>Cupressus</i> spp.	Molto alta



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

SPECIE	ALLERGENICITÀ
<i>Cydonia oblonga</i>	Bassa
<i>Diospyros kaki</i>	Bassa
<i>Dombeya wallichii</i>	Bassa
<i>Dracaena drago</i>	Bassa
<i>Eleagnus angustifolia</i>	Bassa
<i>Eryobotria jap'onica</i>	Bassa
<i>Erythrina</i> spp.	Bassa
<i>Eucalpto camaldolese</i>	Moderata
<i>Eucommia ulmoides</i>	Moderata
<i>Euonymus japonicus</i>	Bassa
<i>Fagus sylvatica</i>	Moderata
<i>Feijoa sellowiana</i>	Bassa
<i>Ficus</i> spp.	Bassa
<i>Ficus carica</i>	Bassa
<i>Firmiana simplex</i>	Bassa
<i>Forsythia viridissima</i>	Bassa
<i>Fraxinus angustifolia</i>	Moderata
<i>Fraxinus excelsior</i>	Molto alta
<i>Fraxinus ornus</i>	Alta
<i>Ginkgo biloba</i>	Alta
<i>Gleditsia triacanthos</i>	Bassa
<i>Grevillea robusta</i>	Bassa
<i>Gymnocladus dioicus</i>	Bassa
<i>Hesperocyparis macrocarpa</i>	Molto alta
<i>Hibiscus syriacus</i>	Bassa
<i>Hovenia dulcis</i>	Bassa
<i>Ilex aquifolium</i>	Bassa
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Bassa
<i>Juglans nigra</i>	Alta
<i>Juniperus</i>	Molto alta
<i>Koelreuteria paniculata</i>	Bassa
<i>Laburnum anagyroides</i>	Bassa
<i>Lagerstroemia indica</i>	Bassa
<i>Lagunaria pattersonii</i>	Bassa
<i>Larix decidua</i>	Moderata
<i>Laurus nobilis</i>	Bassa
<i>Lavandula angustifolia</i>	Nulla
<i>Ligustrum</i>	Moderata
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Moderata
<i>Liriodendron tulipifera</i>	Bassa



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

SPECIE	ALLERGENICITÀ
<i>Maclura pomifera</i>	Nulla
<i>Magnolia</i>	Bassa
<i>Mahonia aquifolium</i>	Nulla
<i>Malus</i>	Bassa
<i>Melia azederach</i>	Bassa
<i>Mespilus germanica</i>	Bassa
<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	Molto alta
<i>Metrosideros excelsa</i>	Bassa
<i>Morus alba "pendula "</i>	Alta
<i>Morus nigra</i>	Molto alta
<i>Musa</i>	Bassa
<i>Myrtus communis</i>	Bassa
<i>Nerium oleander</i>	Bassa
<i>Olea europaea</i>	Molto alta
<i>Ostrya carpinifolia</i>	Alta
<i>Parkinsonia aculeata</i>	Bassa
<i>Pawlonia tomentosa</i>	Bassa
<i>Persea gratissima</i>	Bassa
<i>Phoenix</i>	Moderata
<i>Photinia serrulata</i>	Bassa
<i>Phyllirea angustifolia</i>	Bassa
<i>Phytolacca dioica</i>	Bassa
<i>Picea</i>	Bassa
<i>Pinus</i>	Moderata
<i>Pistacia atlantica</i>	Moderata
<i>Pittosporum tobira</i>	Bassa
<i>Platanus x acerifolia</i>	Alta
<i>Platycladus orientalis</i>	Molto alta
<i>Podocarpus neriifolius</i>	Molto alta
<i>Populus alba "pyramidalis "</i>	Alta
<i>Populus x canadensis</i>	Bassa
<i>Populus nigra "Italica "</i>	Alta
<i>Populus</i>	Bassa
<i>Prunus</i>	Bassa
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Bassa
<i>Pterocarya fraxinifolia</i>	Moderata
<i>Punica granatum</i>	Bassa
<i>Pyrus</i>	Bassa
<i>Quercus ilex</i>	Moderata



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

SPECIE	ALLERGENICITÀ
<i>Quercus robur</i>	Moderata
<i>Rhus typhina</i>	Bassa
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Bassa
<i>Rosa spp.</i>	Bassa
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Bassa
<i>Salix alba</i>	Alta
<i>Salix purpurea</i>	Alta
<i>Sambucus nigra</i>	Bassa
<i>Schinus</i>	Bassa
<i>Sophora jap´onica</i>	Bassa
<i>Sorbus</i>	Bassa
<i>Spiraea x vanhouttei</i>	Bassa
<i>Tamarix</i>	Moderata
<i>Taxodium distichum</i>	Alta
<i>Taxus baccata</i>	Alta
<i>Tetraclinis articulata</i>	Alta
<i>Thuja plicata</i>	Alta
<i>Tilia</i>	Moderata
<i>Tipuana tipu</i>	Bassa
<i>Trachycarpus fortunei</i>	Moderata
<i>Ulmus</i>	Alta
<i>Viburnum tinus</i>	Bassa
<i>Washingtonia</i>	Bassa
<i>Glicine sinensis</i>	Bassa
<i>Yucca</i>	Bassa
<i>Zelcova serrata</i>	Moderata

Tabella 3.4: allergenicità delle 150 specie di alberi ornamentali più comunemente utilizzate in ambito urbano nelle città mediterranee di Italia e Spagna⁶⁶.

Nell'ambito degli interventi di edilizia pubblica, il D.M. 23 giugno 2022 (CAM edilizia) riporta importanti criteri di progettazione di interventi di nuova costruzione e ristrutturazione urbanistica orientati alla attenuazione delle condizioni di surriscaldamento delle aree urbane. In particolare, il Criterio 2.3.3. - *Riduzione dell'effetto "isola di calore estiva" e dell'inquinamento atmosferico*, specifica, tra l'altro, che è necessario garantire una superficie da destinare a verde pari ad almeno il 60% della superficie permeabile individuata al criterio "2.3.2-Permeabilità della superficie territoriale"⁶⁷. Inoltre, per le aree di verde pubblico deve essere effettuata una valutazione dell'efficienza bioclimatica della vegetazione, espressa come valore percentuale della radiazione trasmessa nei diversi assetti stagionali, in particolare per le latifoglie decidue. Nella scelta delle essenze, si devono privilegiare, in relazione alla esigenza di mitigazione della radiazione solare, quelle specie con bassa percentuale di trasmissione estiva e alta percentuale invernale. Considerato inoltre che la

⁶⁷ Il criterio 2.3.2 del CAM Edilizia specifica che il progetto di interventi di nuova costruzione deve prevedere una superficie territoriale permeabile non inferiore al 60% (ad esempio le superfici a verde e le superfici esterne pavimentate ad uso pedonale o ciclabile come percorsi pedonali, marciapiedi, piazze, cortili, piste ciclabili). Per superficie permeabile si intendono, ai fini del Documento, le superfici con un coefficiente di deflusso inferiore a 0,50.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

vegetazione arborea può svolgere un'importante azione di compensazione delle emissioni dell'insediamento urbano, si devono privilegiare quelle specie che si siano dimostrate più efficaci in termini di assorbimento degli inquinanti atmosferici gassosi e delle polveri sottili e altresì siano valutate idonee per il verde pubblico/privato nell'area specifica di intervento, privilegiando specie a buon adattamento fisiologico alle peculiarità locali (si cita ad esempio il Piano Regionale Per La Qualità Dell'aria Ambiente della Regione Toscana e dell' applicativo web <https://servizi.toscana.it/RT/statistichedinarie/piante/>).

Si evidenzia inoltre che, per quanto concerne la gestione del verde pubblico, è in vigore il Decreto Ministeriale 10 marzo 2020, recante “*Criteri ambientali minimi per il servizio di gestione del verde pubblico e la fornitura di prodotti per la cura del verde*”. I suddetti CAM riguardano i molteplici aspetti che vanno dall'affidamento del servizio di progettazione di una nuova area verde ai criteri di gestione e manutenzione del verde pubblico. Il Decreto evidenzia che ogni opera di verde urbano rappresenta un frammento della complessa rete dell'«Infrastruttura verde della città». Affinché tale struttura sia efficace sul piano della fornitura di servizi ecosistemici, è necessario che risponda ad un approccio «che copia» criteri e regole di natura (*Nature-Based Solution - NBS*). Vi è dunque, una particolare attenzione alla scelta delle specie vegetali, alle modalità di messa a dimora delle piante, alla gestione degli impianti di irrigazione, così anche alla cura degli aspetti che riguardano le opere accessorie del verde pubblico (arredo urbano, impianti di illuminazione pubblica).

Come anticipato nella sezione di approfondimento del capitolo 3.1, in relazione alla scelta delle essenze da utilizzare per la realizzazione delle aree verdi di edifici non residenziali (edifici per uffici, scolastici, industriali, commerciali e ricettivi) la Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.2:2019 individua il criterio di valutazione prestazionale A.3.7 *Uso di specie arboree locali* volto a promuovere l'utilizzo di specie arboree e arbustive autoctone. Infatti, la scala prestazionale del suddetto criterio assegna un punteggio via via crescente all'aumentare della percentuale di superficie esterna pertinenziale piantumata con essenze autoctone (arboree e arbustive) rispetto alla superficie esterna di pertinenza complessivamente disponibile.

Per quanto concerne la mitigazione degli effetti di alterazione del microclima ed in particolare del complesso fenomeno dell'isola di calore, la Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.2019, riporta, nell'ambito dell'Area C – *Carichi ambientali*, il criterio prestazionale C.6.8 *Effetto isola di calore*. Tale criterio è orientato a valutare il rapporto tra l'area delle superfici esterne di pertinenza dell'edificio che concorrono alla diminuzione dell'effetto “isola di calore” e la superficie complessiva del lotto.

Di seguito, a titolo di esempio, si riporta integralmente la scheda relativa al criterio A.3.7 *Uso di specie arboree locali* tratta dalla sopra riportata Prassi di Riferimento.



SCHEDA CRITERIO A.3.7 – USO DI SPECIE ARBOREE LOCALI

QUALITÀ DEL SITO	NUOVA COSTRUZIONE RISTRUTTURAZIONE	A.3.7
Progettazione dell'area		
Uso di specie arboree locali		
<input checked="" type="checkbox"/> Edifici per uffici	<input checked="" type="checkbox"/> Edifici scolastici	<input checked="" type="checkbox"/> Edifici industriali
<input checked="" type="checkbox"/> Edifici ricettivi		<input checked="" type="checkbox"/> Edifici commerciali

Il criterio si applica qualora siano presenti aree esterne pertinenti

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA
Qualità del sito	A.3 Progettazione dell'area

ESIGENZA	PESO DEL CRITERIO
Favorire la conservazione degli habitat e sistemazione delle aree verdi con l'uso di specie arboree e autoctone.	_____ nella categoria _____ nel sistema completo

INDICATORE DI PRESTAZIONE	UNITA' DI MISURA
Rapporto percentuale fra la superficie piantumata con specie Arboree e arbustive autoctone e la superficie esterna di pertinenza.	%

SCALA DI PRESTAZIONE		
	%	PUNTI
NEGATIVO	<45	-1
SUFFICIENTE	45	0
BUONO	60	3
OTTIMO	70	5

Metodo e strumenti di verifica

Pre-requisito: nelle aree esterne di pertinenza devono essere privilegiate le specie vegetali che hanno strategie riproduttive prevalentemente entomofile ovvero che producano piccole quantità di polline la cui dispersione è affidata agli insetti. Per garantire la conservazione degli habitat presenti nell'area di intervento e la relativa vegetazione, un professionista competente in materia dovrà indicare, in apposita relazione, una selezione delle specie arboree e arbustive autoctone da mettere a dimora in tali aree, tenendo conto della funzione di assorbimento delle sostanze inquinanti in atmosfera, e di regolazione del microclima e utilizzando specie che presentino le seguenti caratteristiche: ridotta esigenza idrica; resistenza alle fitopatologie; assenza di effetti nocivi per la salute umana (allergeniche, urticanti, spinose, velenose etc.).

Nella scelta delle piante devono essere seguite le seguenti indicazioni:

- utilizzare specie autoctone con pollini dal basso potere allergenico;
- nel caso di specie con polline allergenico da moderato a elevato favorire le piante femminili o sterili;
- favorire le piante ad impollinazione entomofila, ovvero che producono piccole quantità di polline la cui dispersione è affidata agli insetti;
- evitare specie urticanti o spinose (es. Gleditsiatriacanthos L. - Spino di Giuda, Robinia pseudoacacia L.- Falsa acacia, Pyracantha - Piracanto, Elaeagnusangustifolia L. - Olivagno) o tossiche (es. Neriumoleander L. - Oleandro, Taxus baccata L.- Tasso, LabumumanagyroidesMeddik- Maggiociondolo);
- utilizzare specie erbacee con apparato radicale profondo nei casi di stabilizzazione di aree verdi con elevata pendenza e soggette a smottamenti superficiali;
- non utilizzare specie arboree note per la fragilità dell'apparato radicale, del fusto o delle fronde che potrebbero causare danni in caso di eventi meteorici intensi.

Dovrà essere predisposto un piano di gestione e irrigazione delle aree verdi.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

UNI/PdR 13.2:2019

QUALITÀ DEL SITO	NUOVA COSTRUZIONE RISTRUTTURAZIONE	A.3.7
Progettazione dell'area		
Uso di specie arboree locali		
<input type="checkbox"/> Edifici ricettivi	<input checked="" type="checkbox"/> Edifici scolastici	<input checked="" type="checkbox"/> Edifici industriali
		<input checked="" type="checkbox"/> Edifici commerciali

Nota 1 Per specie autoctona si intende una specie che si è originata ed evoluta nel territorio in cui si trova o che vi è immigrata autonomamente da lungo tempo stabilendosi popolazioni che si autosostentano.

1. Calcolare l'area complessiva delle superfici esterne di pertinenza dell'intervento S_e (A);
2. Calcolare l'area delle superfici piantumate con essenze arboree e arbustive autoctone (S_{AU}) all'interno delle aree esterne di pertinenza (B):

$$S_{AU} = S_{arbo} + S_{arbu}$$

Dove:

S_{AU} : superficie piantumata con essenze autoctone [m^2];

S_{arbo} : superficie piantumata con essenze arboree autoctone [m^2];

S_{arbu} : superficie piantumata con essenze arbustive autoctone [m^2];

3. Calcolare l'indicatore di prestazione come rapporto tra le superfici determinate secondo le indicazioni ai punti precedenti
 $I = B/A * 100$
4. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.
Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

3.4 Illuminazione solare e comfort visivo

Impatti ambientali e sanitari

Un importante elemento della progettualità di un edificio, o di un complesso insediativo, è rappresentato dall'analisi degli apporti luminosi correlati alla radiazione solare. Questi rappresentano un'importante risorsa naturale che contribuisce, se opportunamente valutata, al miglioramento della salubrità degli ambienti interni di un edificio e della qualità di vita, o più in generale, al miglioramento del benessere dell'occupante. Un aspetto di cui è necessario tener conto nella valutazione della disponibilità di radiazione solare è senza dubbio rappresentato dalla sua dinamicità, ossia l'elevata variabilità temporale e locale in relazione agli aspetti climatici e alle peculiarità del contesto insediativo. Inoltre, la disponibilità di luce naturale è fortemente correlata a molteplici fattori di contorno, sia antropici sia naturali, rientrando così tra i principali e complessi elementi di valutazione dell'architettura tradizionale, con ripercussioni, tra l'altro, sulla regolazione termoclimatica degli ambienti indoor e sui consumi energetici dell'edificio.

L'orientamento dell'edificio, la disposizione dei locali rispetto all'esposizione solare, l'ubicazione degli infissi esterni e la loro ampiezza, sono alcuni degli elementi da considerare al fine di ottimizzare l'apporto luminoso naturale in relazione alla destinazione d'uso dei locali ed ai requisiti illuminotecnici previsti dalla normativa di settore. Una corretta analisi deve certamente contemplare la valutazione delle interazioni dell'edificio con il contesto, identificando gli elementi schermanti (edifici, alberi, ecc.) o, viceversa, elementi che possono amplificare eccessivamente la radiazione solare arrecando disturbo (es. presenza di superfici chiare altamente riflettenti).

Tenuto conto del forte legame tra la disponibilità di luce naturale e gli apporti calorici ad essa associati, la progettazione dell'edificio, finalizzata ad ottimizzare l'uso di tale risorsa, rappresenta un tema di forte attualità: la sempre più marcata spinta su scala mondiale verso l'impiego di energia da fonti energetiche rinnovabili – tra cui la radiazione solare mediante impianti fotovoltaici e solari termici di uso civile – anche attraverso l'implementazione di mini unità di produzione energetica, rende tali valutazioni di estrema priorità, nell'ottica della necessaria riduzione dei consumi energetici da fonti tradizionali non rinnovabili e la riduzione dei fattori antropici che concorrono al fenomeno del cambiamento climatico.

L'illuminazione naturale e il soleggiamento svolgono un ruolo fondamentale per il mantenimento del benessere psico-fisico della persona. Infatti, la radiazione solare, oltre all'effetto termico e luminoso svolge un'efficace azione antibatterica e una serie di funzioni importantissime per l'organismo umano dal punto di vista fisiologico, terapeutico e psicologico. La luce del sole, nella sua componente UV-B, è infatti indispensabile per convertire il 7-deidrocolesterolo in vitamina D3 (Colecalciferolo) che, metabolizzato nel fegato e nei reni aumenta la capacità di assorbimento di Calcio e Fosfato nell'intestino, favorendo così la normale formazione e mineralizzazione ossea e contrastando l'osteoporosi e il rachitismo.

Dal punto di vista terapeutico la radiazione solare è, inoltre, un ottimo coadiuvante negli stati tubercolari, nelle anemie e nel linfatisma.

Altresì, la luce naturale è fondamentale per il benessere visivo. Il senso della vista, tra tutti i sensi, è quello che influenza maggiormente l'essere umano, in quanto riceve, attraverso il sistema nervoso centrale, il più alto numero di stimoli percettivi e sensazioni dal mondo esterno. Com'è noto, la visione avviene grazie ai fotorecettori retinici, che convertono l'energia luminosa in segnali elettrici che avviano la visione, trasmettendo informazioni attraverso percorsi multisinaptici alle cellule gangliari retiniche (RGC), che innervano diverse aree del cervello per complesse elaborazioni visive. Alcune di queste cellule, denominate ipRGCs (intrinsically photosensitive Retinal Ganglion Cells), non elaborano informazioni visive, bensì trasportano stimoli attivati direttamente dalla luce in grado di sincronizzare i ritmi circadiani (regolando l'ormone melatonina responsabile, insieme al cortisolo, dei ritmi sonno-veglia) e tenere traccia delle modificazioni stagionali. Per tale ragione, un'illuminazione naturale insufficiente può essere causa di una serie di disturbi tra cui le alterazioni del ritmo circadiano e del sonno, malinconia, alterata produzione di ormoni (melatonina, cortisolo ecc.) e depressione invernale, cosiddetta perché in genere i sintomi sono più evidenti e più gravi durante l'inverno. Quest'ultima, nota anche come SAD (Seasonal Affective Disorder), è



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

un disturbo affettivo stagionale con sintomatologia di tipo depressivo che si manifesta in inverno o in estate in soggetti con una condizione di buona salute mentale per la maggior parte dell'anno. Nella forma classica del disturbo (*Winter-SAD*) le manifestazioni cliniche esordiscono o si aggravano all'inizio della stagione autunnale, raggiungono la massima espressione nella stagione invernale e si risolvono o migliorano nel corso della stagione estiva. Nella forma meno diffusa del disturbo (*Summer-SAD*), che riguarda circa il 3% dei pazienti, la sintomatologia esordisce all'inizio della stagione primaverile, peggiora nel corso della stagione estiva e si risolve o migliora nel corso dei mesi invernali⁶⁸.

I sintomi del SAD possono includere: uno stato d'animo depresso persistente, una perdita di piacere o interesse per le normali attività quotidiane, irritabilità, sentimenti di disperazione, senso di colpa e inutilità, mancanza di energia, sensazione di sonnolenza durante il giorno, disfunzioni alimentari e aumento di peso. Per alcune persone, questi sintomi possono essere gravi e avere un impatto significativo sulle loro attività quotidiane.

Il risultato dello studio di prevalenza del disturbo affettivo stagionale (SAD) condotto da Pacitti et al. (2007)⁶⁸ su un campione di popolazione italiana del Centro Italia, sembrerebbe confermare le osservazioni di altri studi analoghi relativamente a una netta variabilità di manifestazione del SAD nelle diverse aree geografiche, con un aumento della suscettibilità individuale all'accorciamento del fotoperiodo e un dato di prevalenza massimo nei Paesi a elevata latitudine (fotoperiodo molto ridotto nei mesi invernali) e minimo nei Paesi a bassa latitudine (fotoperiodo meno ridotto nei mesi invernali).

Lo stesso studio appare anche in linea con i dati di prevalenza riportati nella letteratura internazionale, ottenuti da studi condotti su popolazioni che vivono in regioni con latitudine analoga a quella del Centro Italia.

Paese	Latitudine	Prevalenza SAD
Giappone	31°- 43° N	4,8%
Turchia	36°- 42° N	3,76%
Italia (Mescettola et. al)	38°- 45° N	5-6%
Centro Italia	41°- 44° N	3,5%
New York	41°N	4,7%
UK	50°- 59° N	10,7%
Svezia	55°- 69° N	8%
Alaska	64° N	9,2%
Finlandia	60°- 70° N	7,1%

Tabella 3.5: Prevalenza del SAD e S-SAD in diverse aree geografiche⁶⁸

Per quanto riguarda gli ambienti di lavoro, un'esposizione non corretta all'illuminazione indoor può influire negativamente sulla prestazione lavorativa e sulle condizioni fisiche e psicologiche del lavoratore.

Oltre alla disponibilità di luce solare e agli aspetti precedentemente descritti, è importante considerare anche il carattere percettivo dell'ambiente costruito. Secondo quanto evidenziato dal "*Documento di indirizzo per la pianificazione urbana in ottica di Salute Pubblica*"⁶⁹, il *comfort* visivo è associato, tra l'altro, alla coerenza formale degli elementi di arredo urbano inseriti nel contesto che deve assicurare il benessere percettivo. Questo aspetto fa intendere, dunque, alla necessaria condizione di decoro e di armonia tra gli elementi che costituiscono il tessuto urbano, il cui pregio deve essere mantenuto costante nel tempo con opportune attività manutentive.

Finalità

Garantire il *comfort* visivo e la disponibilità di luce solare all'interno degli ambienti interni di un edificio e negli spazi esterni di pertinenza, attraverso il corretto orientamento degli edifici e la valutazione della loro reciproca posizione.

Ridurre l'impiego di luce artificiale ed il conseguente dispendio energetico per l'illuminazione dei locali e per il riscaldamento degli ambienti interni.

⁶⁸ Pacitti F. et al., 2007. Prevalence of seasonal affective disorder in Italy. Rivista di psichiatria.

⁶⁹ https://www.salute.gov.it/portale/documentazione/p6_2_2_1.jsp?lingua=italiano&id=3125



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Obiettivi prestazionali sanitari e ambientali

- Garantire, laddove possibile, la corretta illuminazione naturale degli ambienti interni dell'edificio e delle relative pertinenze esterne, in relazione alla destinazione d'uso di tali spazi, con particolare attenzione a quelli in cui si esplicano più frequentemente le principali attività di vita quotidiana, o di lavoro, e che necessitano il corretto apporto di luminosità (es. zone giorno, ambienti di lavoro/studio, ecc.).
- Laddove l'illuminazione naturale non sia sufficiente, così come per l'illuminazione degli ambienti durante le ore notturne, ricorrere alla illuminazione artificiale adottando sistemi a basso consumo energetico.

Buone pratiche sanitarie e ambientali

Curare la disposizione planimetrica dell'edificio affinché venga ottimizzato l'apporto di luce solare, prediligendo, laddove è possibile, l'allineamento dell'asse principale dell'edificio (asse longitudinale) in direzione Est/Ovest con una tolleranza di 45° e comunque deve essere ricercato il più adeguato orientamento possibile. Le interdistanze tra gli edifici contigui presenti all'interno dello stesso lotto devono essere tali da garantire, anche nel periodo invernale, il minimo ombreggiamento sulle facciate. Come buona prassi per l'ottimizzazione dei guadagni termici solari, dotare le superfici trasparenti esposte a Sud di schermature mobili affinché la radiazione solare possa penetrare nei locali durante l'inverno ed essere ostacolata in estate (per ulteriori dettagli si veda anche la sezione di approfondimento del capitolo 5.2 – Comfort termoigrometrico).

Considerare le interazioni dovute alla presenza di ostruzioni esterne (es. edifici, alberature, ecc.) che possono attenuare o impedire l'apporto luminoso naturale.

Adibire i locali interni esposti a Sud/Sud-Est/Sud-Ovest alle funzioni principali che vengono effettuate nelle ore diurne e richiedono la corretta illuminazione e comfort visivo (zone giorno), quelli esposti a Nord ai servizi accessori, alle zone studio e lavoro, e quelli esposti ad Est per le zone notte.

Valutare la corretta disposizione e ampiezza degli infissi esterni aventi superfici vetrate affinché l'illuminazione naturale degli ambienti sia uniforme e rispetti i requisiti illuminotecnici in relazione alla destinazione d'uso dei locali (valutazione del fattore medio di luce diurna – FLDm⁷⁰) e venga garantito il naturale apporto di calore per irraggiamento solare. In particolare, la progettazione degli alloggi abitativi deve garantire, per tutti i locali principali e per il primo bagno, un valore di fattore medio di luce diurna (FLDm) in conformità a quanto previsto dalla normativa vigente.

Valutare le condizioni che determinano un eccesso di radiazione solare o la presenza di superfici esterne altamente riflettenti e identificare, al fine di attenuare tali elementi di disturbo, sistemi di ombreggiamento regolabili in relazione alla necessità dell'occupante.

Curare l'associazione e la coerenza formale degli elementi strutturali e accessori dell'edificio (o del complesso insediativo) in relazione agli elementi già presenti nel contesto (vegetazione, rilievi, edifici esistenti, ecc.), al fine di garantire il benessere percettivo ed identificare, a partire dalla fase progettuale, le misure di carattere organizzativo e operativo (es. piano di manutenzione) necessarie per mantenere nel tempo l'elevato comfort visivo e, contestualmente, ottenere il maggior vantaggio dal punto di vista dell'apporto di luce naturale e guadagno termico ad essa associato.

Strumenti di verifica

Elaborati progettuali contenenti le seguenti informazioni:

- criteri di selezione dell'orientamento dell'edificio e disposizione dei locali interni, nell'ottica di ottimizzare l'illuminazione naturale degli ambienti, in relazione alla destinazione d'uso degli stessi;
- analisi delle interazioni degli elementi presenti nel contesto e valutazione della disponibilità di luce naturale in relazione alla presenza di ostruzioni (artificiali e naturali), al tragitto solare e alla

⁷⁰ FLDm: fattore medio di luce diurna. E' una grandezza adimensionale, espressa in percentuale, definita dal rapporto tra l'illuminamento medio misurato in un punto specifico dell'ambiente interno e l'illuminamento misurato su una superficie orizzontale che vede l'intera volta celeste senza ostruzioni in condizioni di cielo aperto. Il fattore di luce diurna è un parametro riconosciuto dalla normativa italiana in ambito di edilizia residenziale, scolastica ed ospedaliera nel Decreto Ministeriale Sanità 5/7/75, Decreto Ministeriale 18/12/75 e Circolare Ministeriale Lavori Pubblici n.13011, 22/12/74.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

configurazione delle ombre portate nell'arco della giornata, anche in funzione del ciclo stagionale, alla presenza di superfici esterne altamente riflettenti ed alla presenza di eventuali condizioni di disturbo;

- verifica del rispetto dei requisiti illuminotecnici dei locali attraverso il calcolo del FLDm, tenendo conto della destinazione d'uso dei locali.

Approfondimenti

Al fine di garantire un adeguato comfort visivo è necessario curare alcuni aspetti della progettazione illuminotecnica dell'edificio ed intervenire su diversi parametri quali, ad esempio, la distribuzione delle luminanze, l'illuminamento interno e la sua uniformità, l'abbagliamento e la resa cromatica delle sorgenti, tenendo conto delle caratteristiche dell'ambiente (disponibilità di luce naturale, dimensioni, forma, finestrature, tipologia di pavimento e di pareti, ecc.), della specifica destinazione d'uso dei locali e dei compiti visivi degli utilizzatori.

Un primo aspetto da considerare in fase progettuale è quello di ottimizzare e massimizzare gli apporti di luce naturale, evitando fenomeni di abbagliamento e di surriscaldamento dell'ambiente interno per la mancata dispersione dell'energia termica indotta dalla radiazione solare che, attraverso le superfici vetrate, entra nell'ambiente indoor (*effetto serra* – per maggiori dettagli su tale fenomeno si rimanda al capitolo 5.3 del presente Documento).

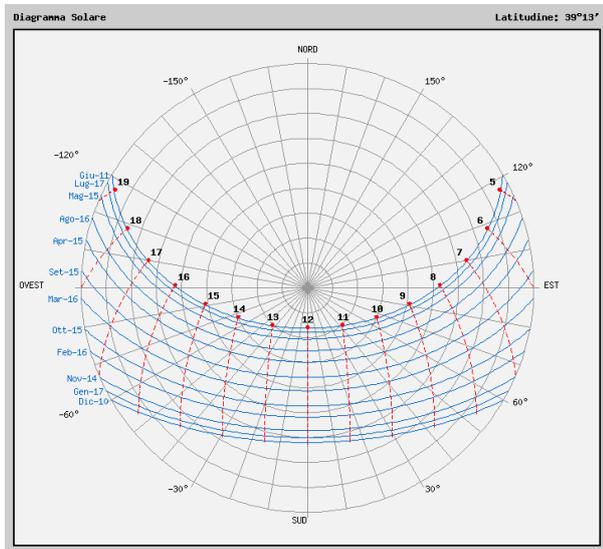
Pertanto, in prima istanza, ai fini della ottimizzazione degli apporti di luce naturale in un edificio, e del guadagno termico ad essa associato, è indispensabile valutare attentamente l'orientamento dell'edificio stesso e dei locali interni, in relazione alla durata del soleggiamento nell'arco della giornata e durante l'anno, in funzione della località in cui è ubicato lo stabile.

Le ore di soleggiamento, per una data località, possono essere definite conoscendo la traiettoria del moto apparente del sole nella volta celeste, in termini di angoli zenitali e azimutali, che varia nell'arco della giornata e delle stagioni. Il diagramma solare in Figura 3.17a, mette in evidenza, in forma di diagramma polare, l'angolo azimutale definito dalla posizione del sole rispetto al Sud ed in relazione al mese dell'anno e al momento della giornata (per ogni mese si riporta il giorno in cui la declinazione solare coincide con quella media del mese). Nel riferimento polare, i raggi uniscono punti di uguale azimut, mentre le circonferenze concentriche uniscono punti di uguale altezza (angolo zenitale). Le circonferenze sono riportate con passo di 10°, a partire dalla circonferenza più esterna (altezza= 0°) fino al punto centrale (altezza = 90°). La Figura 3.17b riporta le stesse informazioni in un diagramma in cui gli angoli azimutali e zenitali sono riportati rispettivamente sugli assi delle ascisse e delle ordinate. In entrambi i diagrammi, sono riportate le linee in tratteggio rosso relative all'ora solare.

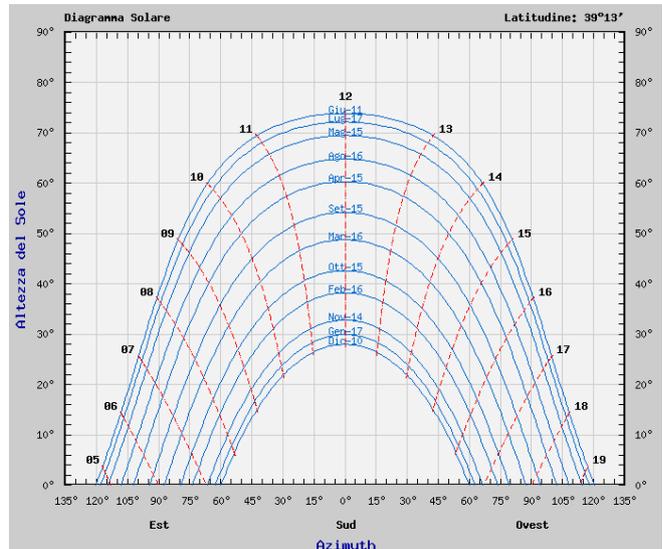


REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE



a) diagramma polare



b) diagramma cartesiano

Figura 3.17: diagrammi solari polare (a) e cartesiano (b), per la città di Cagliari. Fonte "Atlante italiano della radiazione solare" (ENEA).

Mediante opportuni strumenti topografici è possibile sovrapporre al diagramma solare cartesiano la sagoma degli edifici e di tutti gli oggetti che si trovano nell'area di indagine al di sopra dell'orizzonte, permettendo così di valutare eventuali elementi che riducono le ore di apporto solare e determinano la proiezione di ombre portate. I diagrammi in Figura 3.17 (a e b) e i dati in forma tabellare sono disponibili per tutti i comuni italiani e possono essere reperiti dal portale dell'ENEA "Atlante italiano della radiazione solare" al seguente indirizzo: <http://www.solaritaly.enea.it/StrDiagrammiSolari/X12mesi1.php?Lat=39%B012.9%27&Lon=9%B006.6%27>

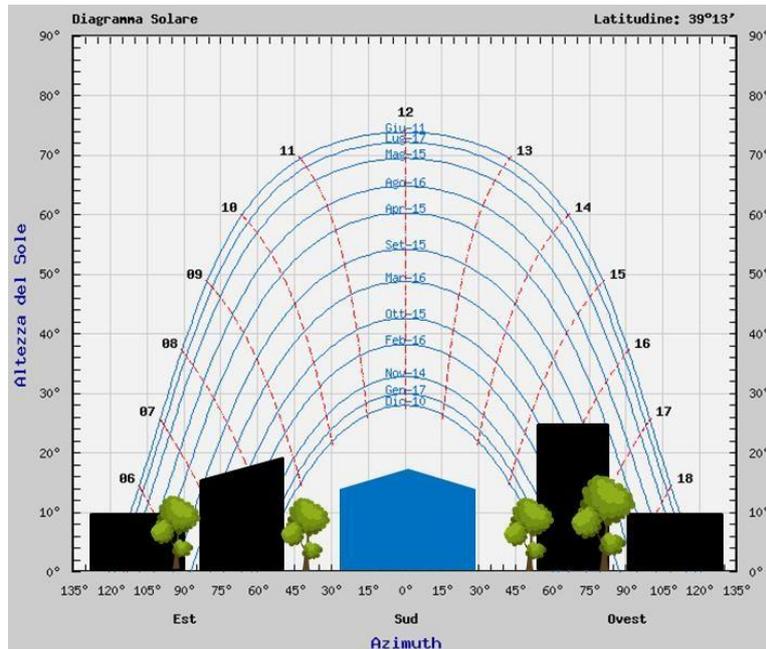


Figura 3.18: sovrapposizione al diagramma solare cartesiano delle sagome degli oggetti osservabili dal punto in cui verrà realizzato il nuovo edificio (in blu).



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

L'orientamento ottimale di un edificio è stato materia di numerosi studi nell'ambito della architettura classica e moderna. Nel 1920 venne introdotta da Ray e Pidoux un metodo di progettazione per la disposizione degli edifici rispetto ai punti cardinali, basata sull'asse elioterminico (Figura 3.19), ossia l'asse ottimale per uniformare, tra due facciate opposte dello stesso edificio, i valori elioterminici definiti dal prodotto dell'eliofania (numero di ore di soleggiamento in una data località) e la temperatura media annua dell'aria. L'orientamento dell'asse elioterminico risente dello sfasamento, giornaliero e stagionale, tra i valori massimi di temperatura dell'aria e quelli della durata del soleggiamento. L'allineamento dell'asse principale dell'edificio prossimo a quello dell'asse elioterminico garantisce il massimo apporto luminoso e termico da parte del sole durante tutto l'arco dell'anno.

In generale, considerato che l'arco apparente formato dal sole nella volta celeste si esplica in direzione Sud, il fronte meridionale dell'edificio è quello maggiormente interessato dalla radiazione solare mentre il fronte settentrionale è quello meno illuminato e maggiormente esposto ai venti più freddi, pertanto più soggetto alle dispersioni termiche.

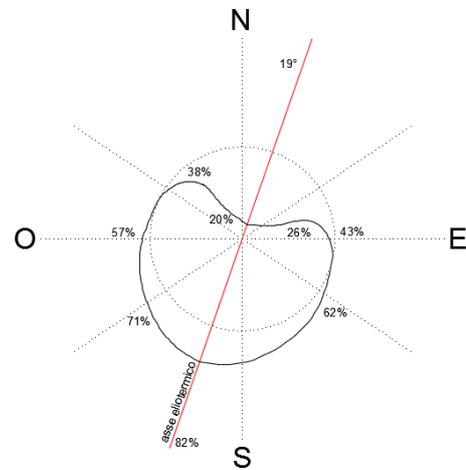


Figura 3.19: rappresentazione dell'asse elioterminico.

Oltre a quanto finora specificato, è importante che le superfici vetrate degli infissi esterni siano di dimensioni adeguate e posizionate correttamente per garantire l'apporto luminoso, oltre che termico. A questo aspetto si associa il ruolo fondamentale delle schermature solari, ossia dei sistemi di ombreggiamento (tapparelle, persiane, frangisole orientabili, pergole, tende, ecc.) che servono a regolare l'irraggiamento della luce incidente nell'ambiente indoor, nella quantità necessaria per svolgere le attività quotidiane senza determinare disturbo e mitigare l'effetto serra (vedasi la sezione di approfondimento del cap. 5.3).

Definite le migliori condizioni di orientamento e disposizione dei locali interni, è necessario valutare un primo parametro che regola il comfort visivo, ossia l'illuminamento. Questa è una grandezza fotometrica che identifica la quantità di luce (flusso luminoso Φ , misurato in *lumen*⁷¹ (lm)) incidente su un'unità di superficie e influenza la capacità di un individuo di percepire i piccoli dettagli dell'ambiente ad una data distanza (acuità visiva) e la rapidità con la quale viene svolto il compito visivo (leggere, scrivere, osservare gli oggetti, percepire gli spazi e le forme, ecc.).

L'illuminamento (E) si misura in lux ($lx = lm/m^2$) ed in genere si introduce nella progettazione illuminotecnica di sorgenti artificiali in termini di *illuminamento medio mantenuto* (E_m), che tiene conto di un fattore di manutenzione (M) della sorgente di illuminazione. In ambito lavorativo, la norma UNI EN 12464-1 specifica i requisiti di illuminazione medio che corrispondono alle esigenze di comfort visivo e di prestazione visiva di persone aventi capacità oftalmiche (visive) normali o corrette.

$$E_{med} = \text{illuminamento medio iniziale di progetto} = \Phi / S \text{ (unità di misura: lux (lx), } lm/m^2)$$
$$E = E_{med} \cdot M$$

L'intensità luminosa (I) di una sorgente viene misurata in *candele* e rappresenta la quantità di flusso luminoso in una determinata direzione e nell'unità di un angolo solido (ω) che la contiene, misurato in steradiani (sr)

$$I = \Phi / \omega \text{ (unità di misura: cd, candela)}$$

Un altro fondamentale parametro illuminotecnico è la *luminanza* (L), ossia il rapporto tra l'intensità luminosa (I) emessa da una sorgente in direzione dell'osservatore e l'area apparente della superficie emittente.

⁷¹ Un Lumen corrisponde alla quantità di luce emessa in un secondo da una radiazione elettromagnetica di lunghezza d'onda pari a 555 nm e flusso energetico di 1/683 W).



Quest'ultima è data dalla proiezione della superficie in direzione dell'osservatore. In altri termini, la luminanza identifica la quantità di luce emessa da una sorgente luminosa e che giunge all'occhio umano.

$$L_{\theta} = \text{luminanza in direzione } \theta = I/S_{app} = I/(S \cdot \cos\theta) \quad (\text{unità di misura: } cd/m^2, \text{ dove } cd = \text{candela}),$$

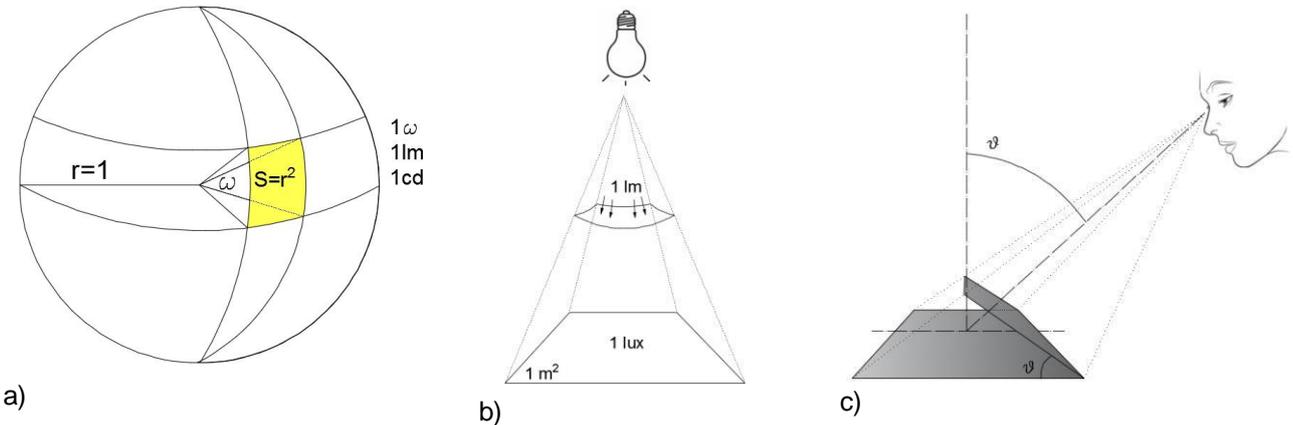


Figura 3.20: rappresentazione grafica dei parametri di intensità luminosa (a), illuminamento (b) e luminanza (c).

Quindi, mentre l'illuminamento non dipende dall'osservatore, la luminanza è una grandezza soggettiva che dipende dalla posizione dell'osservatore.

Il comfort visivo è garantito da una adeguata gradazione del contrasto di luminanza: per percepire correttamente un oggetto è necessaria una sufficiente differenza di luminanza tra oggetto e sfondo, che in condizioni di luce naturale deve essere almeno pari all'1% o, se l'illuminamento è scarso, del 10%.

Se all'interno del campo visivo i valori di luminanza sono eccessivi, o se il contrasto di luminanza è troppo elevato, si verifica l'*abbagliamento* (diretto e/o riflesso), ossia la sensazione visiva determinata da elevati gradienti di luminanza prodotta da alcune superfici che rientrano nel campo visivo. Questo può determinare affaticamento visivo e/o aumentare il rischio di incidenti.

Un importante parametro che riguarda l'illuminazione naturale è il *fattore medio di luce diurna* (FLD_m), espresso in percentuale, definito dal rapporto tra l'*illuminamento* (E) che si realizza su una superficie orizzontale posta all'interno dell'ambiente considerato per effetto della illuminazione proveniente dalla volta celeste e quello che contemporaneamente si ha su una superficie orizzontale posta all'esterno ed in assenza di ostruzioni (E_0).

$$FLD_m = E/E_0 \quad (\%)$$

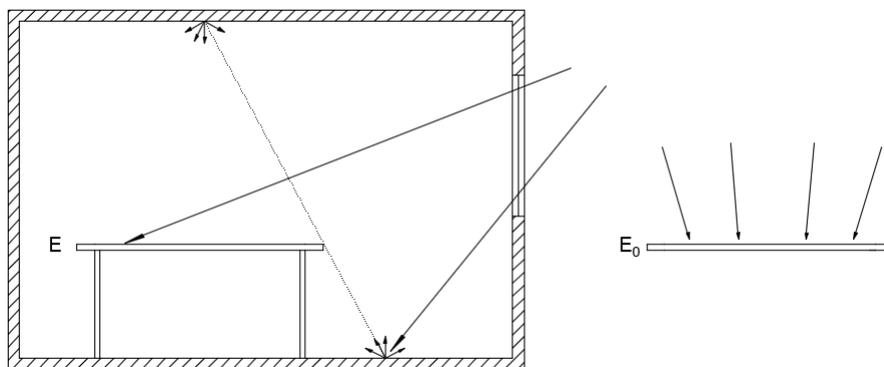


Figura 3.21: rappresentazione grafica delle grandezze che compongono il fattore medio di luce diurna (FLD_m).



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Tale parametro dipende dalla grandezza delle superfici vetrate degli infissi esterni, dal loro stato di manutenzione, dal coefficiente di trasmissione del materiale che costituisce le parti vetrate, dalle caratteristiche e dal grado di manutenzione delle superfici murarie, dei pavimenti e dei soffitti e dalla presenza di ostruzioni che limitano l'ingresso di luce naturale all'interno dell'ambiente.

Esistono diversi metodi di calcolo del FLD_m, e software appositi che permettono di determinare tale parametro anche in situazioni geometricamente molto complesse.

Quadro delle norme UNI

In seguito alla adozione nel 2002 da parte dell'Unione Europea dell'*Energy Performance Building Directive* (EPBD) come regolamento per la prestazione energetica degli edifici, sono state pubblicate le norme tecniche che introducono i metodi di calcolo per valutare le prestazioni energetiche per i sistemi di illuminazione artificiale e che tengono conto anche degli apporti di luce naturale in un ambiente indoor.

La norma UNI EN 15193-1 (ultimo aggiornamento disponibile "*Prestazione energetica degli edifici – Requisiti energetici per illuminazione – Parte 1: Specificazioni, Modulo M9*"), entrata in vigore nel 2017 unitamente al rapporto tecnico UNI CEN/TR 15193-2:2017 ("*Prestazione energetica degli edifici – Requisiti energetici per illuminazione – Parte 2: Spiegazione e giustificazione della EN 15193-1, modulo M9*"), stabilisce la metodologia per la valutazione della prestazione energetica dei sistemi di illuminazione per l'illuminazione generale in edifici residenziali e non-residenziali e per il calcolo e la misurazione della quantità di energia richiesta o utilizzata per l'illuminazione negli edifici. Fornisce, inoltre, le metodologie per misurare l'efficienza energetica degli impianti di illuminazione negli edifici, basata sulla determinazione dell'indice *LENI* (*Lighting Energy Numeric Indicator [kWh/m²anno]*). In questo panorama, ENEA, nell'ambito delle attività previste dalla "*Ricerca di Sistema Elettrico*", con la collaborazione del Gruppo di Lavoro UNI/CT023/GL10 "*Efficienza Energetica degli Edifici*", del quale è coordinatore, ha sviluppato il tool LENICALC. Si tratta di uno strumento per la determinazione del LENI secondo il metodo completo (metodo 1) della UNI EN 15193-1:2017.

Inoltre, in collaborazione con UNI, ENEA ha realizzato la nuova UNI/PdR 77:2020 "*Linee guida per il calcolo computerizzato per la determinazione del LENI secondo il metodo di calcolo completo della UNI EN 15193-1:2017*" a supporto della determinazione del LENI, secondo la norma mediante l'uso del tool LENICALC⁷²

L'indice LENI, nella sua formulazione, tiene conto della disponibilità di luce naturale (funzione della posizione geografica dell'edificio, della sua esposizione, della presenza di ostruzioni, della dimensione delle aperture, ecc.) e l'eventuale presenza di schermature.

A livello europeo, un primo standard che tratta unicamente la progettazione e la disponibilità di luce naturale negli ambienti indoor è la norma UNI EN 17037 – *Luce diurna negli edifici* (ultimo aggiornamento del 2022).

Tale norma affronta i seguenti temi:

- disponibilità di luce naturale all'interno dell'edificio in relazione all'orientamento, alla presenza di ostruzioni esterne, alle caratteristiche delle superfici vetrate, ecc.;
- valutazione della quantità e qualità di vista verso l'esterno per mantenere il contatto con l'ambiente esterno, attraverso la percezione dell'alternarsi delle stagioni e il trascorrere delle ore;
- esposizione alla luce solare e numero minimo di ore del giorno in cui l'ambiente indoor deve ricevere luce solare diretta;
- protezione dall'abbagliamento e dalla sensazione negativa correlata alla luce solare diretta o a contrasti di luminanza eccessivi. A tal proposito si fa riferimento al parametro DGP (*Daylight Glare Probability*), ossia Probabilità di Abbagliamento causato dalla Luce Diurna.

La norma si applica a tutti gli spazi che possono essere regolarmente occupati da persone per periodi prolungati, tranne nei casi in cui la luce diurna è in contrasto con la natura e con il compito dell'effettivo lavoro svolto.

Infine, si cita la UNI/TS 11826:2021 - "*Illuminazione di interni residenziali domestici con luce artificiale*", recentemente pubblicata, che fornisce le prescrizioni per l'esecuzione, l'esercizio e la verifica di impianti di illuminazione artificiale presenti negli ambienti interni residenziali domestici. Nella norma in parola, vengono fornite indicazioni sugli aspetti generali che dovrebbero essere presi in considerazione affinché venga creato

⁷² Il software è liberamente scaricabile dal sito <https://www.pell.enea.it/lenicalc>



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

un ambiente luminoso idoneo, tenendo in considerazione differenti aspetti quali quelli estetici, caratteristiche funzionali e la funzionalità di arredo. Inoltre, è presente un paragrafo dedicato alla luce naturale, articolato in quattro temi: risparmio energetico, benefici aggiuntivi della luce naturale, variabilità della luce naturale, fattore medio di luce diurna.

Nell'ambito degli interventi di edilizia pubblica, i CAM Edilizia specificano che, al fine di garantire una dotazione e una distribuzione minima dell'illuminazione naturale all'interno dei locali regolarmente occupati (ossia nei locali in cui sia previsto che almeno un occupante svolga mediamente attività di tipo lavorativo e/o residenziale per almeno un'ora al giorno), per qualsiasi destinazione d'uso (escluse quelle per le quali sono vigenti norme specifiche di settore), deve essere garantito un illuminamento da luce naturale di almeno 300 lux verificato almeno nel 50% dei punti di misura all'interno del locale, e di 100 lux, verificato almeno nel 95% dei punti di misura (livello minimo). Tali valori devono essere garantiti per almeno la metà delle ore di luce diurna. Vengono altresì indicati i parametri di illuminamento per le scuole e la norma di riferimento per il calcolo e la verifica dei parametri (UNI 17037). Per ulteriori approfondimenti si rimanda al testo del D.M. 23 giugno 2022 ed in particolare al criterio *2.4.7 Illuminazione naturale*.

Come anticipato in premessa, in Italia si possono applicare su base volontaria le indicazioni contenute nella Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.2019, relative a prassi condivise dall'Istituto ITACA. In particolare, per quanto concerne il benessere visivo, all'interno dell'Area di valutazione D "*Qualità ambientale indoor*" è presente il criterio di valutazione D.4.1 *Illuminazione naturale*.

A titolo di esempio, di seguito si riporta la scheda estratta della Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.1:2019 relativa agli edifici residenziali, la cui finalità è quantificare e valutare, adottando un'apposita scala prestazionale, gli apporti di luce naturale durante l'arco dell'anno.



UNI/PdR 13.1:2019

SCHEDA CRITERIO D.4.1 – ILLUMINAZIONE NATURALE

QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR	NUOVA COSTRUZIONE RISTRUTTURAZIONE	D.4.1
Benessere visivo		
Illuminazione naturale		

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA		
D. Qualità ambientale indoor	D.4 Benessere visivo		
ESIGENZA	PESO DEL CRITERIO		
Garantire un livello adeguato di illuminazione naturale negli ambienti principali.	nella categoria	nel	sistema
INDICATORE DI PRESTAZIONE	UNITÀ DI MISURA		
Media ponderata dei valori di fattore medio di luce diurna degli ambienti dell'edificio.	%		
SCALA DI PRESTAZIONE			
	%	PUNTI	
NEGATIVO	< 2,00	-1	
SUFFICIENTE	2,00	0	
BUONO	2,50	3	
OTTIMO	3,00	5	

Metodo e strumenti di verifica

1. Calcolare, per ogni ambiente, il fattore medio di luce diurna ($\eta_{m,i}$) in assenza di schermatura mobile e considerando gli ombreggiamenti fissi, per ciascun tipo di vetro e di locale, secondo la procedura descritta nell'Appendice A nella norma UNI 10840.

$$\eta_m = \frac{E_i}{E_e} \cdot 100 \quad (1)$$

dove:

η_m = fattore medio di luce diurna [%];

E_i = Illuminamento medio dell'ambiente interno dovuto alla sola luce naturale diffusa dalla volta celeste;

E_e = Illuminamento naturale dell'ambiente esterno nelle identiche condizioni di tempo e di luogo su identica superficie esterna esposta in modo di avere luce diffusa dall'intera volta celeste in condizioni di cielo coperto senza irraggiamento solare diretto.

Calcolare il fattore di luce diurna in assenza di schermatura mobile (ma tenendo in considerazione gli oggetti e gli elementi di ombreggiamento fissi), per ciascun tipo di vetro e di locale, secondo la procedura descritta nello standard UNI EN ISO 10840 (Appendice A); la metodologia prevede l'applicazione di un'unica formula in cui inserire i dati di input:

$$\eta_m = \frac{\sum E_i \tau_i A_i \Psi_i}{S (1 - \rho_m)} \quad (2)$$



QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR

NUOVA COSTRUZIONE
 RISTRUTTURAZIONE

D.4.1

Benessere visivo

illuminazione naturale

dove:

ϵ_i = fattore finestra che tiene conto delle ostruzioni: posizione della volta celeste vista dal baricentro della finestra della finestra i-esima [-]

τ_i = fattore di trasmissione luminosa relativo alla superficie vetrata della finestra i-esima [-]

A_i = area della superficie vetrata (telaio escluso) della finestra i-esima [m²]

S = area totale delle superfici interne che delimitano l'ambiente [m²] $S = \sum A_n$

ρ_m = fattore medio di riflessione luminosa delle superfici che delimitano l'ambiente [-]

Ψ_f = coefficiente di riduzione del fattore finestra conseguente all'arretramento della finestra rispetto al filo della facciata [-]

Calcolare il fattore finestra ϵ in relazione a come la finestra "vede" il cielo: per lucernario orizzontale libero da ostacoli $\epsilon = 1$; per finestre orizzontali, $\epsilon = 0,5$ per finestre verticali prive di ostacoli, $\epsilon < 0,5$ per finestre verticali con ostacoli.

Calcolare il fattore finestra ϵ :

Caso 1: ostruzione frontale

$$\epsilon = (1 - \sin \alpha) / 2 \quad (3)$$

dove: α è l'angolo piano di altitudine che sottende la parte ostruita di cielo (in assenza di ostruzione $\epsilon = 0,5$).

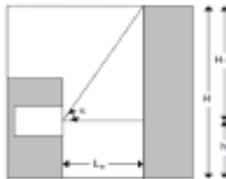


Figura 1 Valore del fattore finestra ϵ per ostruzione posto di fronte alla finestra del lucernario

Caso 2: ostruzione collocata nella parte superiore

$$\epsilon = \sin \alpha_2 / 2 \quad (4)$$

dove: α_2 è l'angolo piano che sottende la parte visibile di cielo .

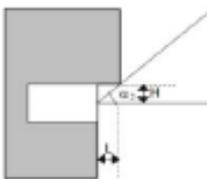


Figura 2 Valore del fattore finestra ϵ per ostruzioni superiori

Caso 3: ostruzione frontale e superiore

$$\epsilon = \frac{\sin \alpha_2 - \sin \alpha}{2} \quad (5)$$

dove: α è l'angolo piano di altitudine che sottende la parte ostruita di cielo, α_2 è l'angolo piano che sottende la parte visibile di cielo.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

UNI/PdR 13.1:2019

QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR

NUOVA COSTRUZIONE
RISTRUTTURAZIONE

D.4.1

Benessere visivo

illuminazione naturale

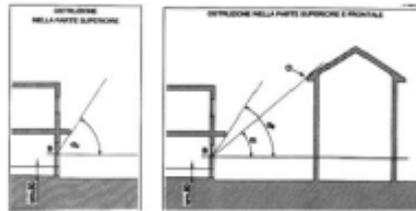


Figura 3 Parametri geometrici per costruzione frontale e superiore

Calcolare il fattore di trasmissione luminosa relativo alla superficie vetrata della finestra i -esima, in assenza di dati tecnici del vetro forniti dal produttore, utilizzare la seguente tabella.

Sistemi trasparenti	Coefficienti di trasmissione luminosa τ
vetro float singolo chiaro 4-8 mm	0,80-0,90
vetro float singolo assorbente	0,70-0,80
vetro singolo retinato	0,85
vetro float singolo colorato in massa a seconda del colore	0,30-0,60
vetro float singolo riflettente	0,35-0,60
vetro float singolo bassoemissivo	0,50-0,75
doppio vetro 6-12-6 – lastre float chiare	0,65-0,75
doppio vetro 6-12-6 – lastre float chiare con ricoprimento bassoemissivo	0,60
polycarbonato chiaro	0,80-0,90
lastre traslucide in materiale plastico	0,10-0,8

Tabella D.4.1.a – Valori indicativi del coefficiente di trasmissione per incidenza normale nel visibile di alcuni sistemi trasparenti.

Calcolare l'area della superficie vetrata di ciascuna finestra al netto del telaio.

Calcolare il fattore di riflessione medio ρ_m come media ponderata dei fattori di riflessione delle varie superfici S_i dell'ambiente secondo la seguente formula: riportati in in funzione del colore delle superfici:

$$\rho_m = \frac{\sum S_i \cdot \rho_i}{\sum S_i} \quad (6)$$

Materiale e natura della superficie	Coefficiente di riflessione ρ
Intonaco comune bianco recente o carta	0,8
Intonaco comune o carta di colore molto chiaro (avorio, giallo, grigio)	0,7
Intonaco comune o carta di colore chiaro (avorio, rosa chiaro)	0,6 ÷ 0,5
Intonaco comune o carta di colore medio (verde chiaro, azzurro chiaro)	0,5 ÷ 0,3
Intonaco comune o carta di colore scuro (verde oliva, rosso)	0,3 ÷ 0,1
Mattone chiaro	0,4
Mattone scuro, cemento grezzo, legno scuro, pavimenti di tinta scura	0,2
Pavimenti di tinta chiara	0,6 ÷ 0,4
Alluminio	0,8 ÷ 0,9

Tabella D.4.1.b – Valori convenzionali del coefficiente di riflessione ρ .

Calcolare il fattore di riduzione ψ previa determinazione dei rapporti h/p e L_w/p indicati nel grafico D.4.1.c, in relazione alla posizione del telaio rispetto al vano finestra e alla profondità del vano finestra. Individuare sull'asse delle ascisse del grafico della medesima figura il valore h/p indi tracciare la retta verticale fino a che s'incontra il punto di intersezione con la curva



QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR NUOVA COSTRUZIONE RISTRUTTURAZIONE **D.4.1**
 Benessere visivo
Illuminazione naturale

corrispondente al valore di l/p precedentemente determinato. Da quest'ultimo punto si traccia la retta orizzontale che individua sull'asse delle ordinate il valore del coefficiente di riduzione ψ

dove:

- p = spessore del muro [m]
- h = altezza del vano finestra [m]
- La = lunghezza del vano finestra [m]

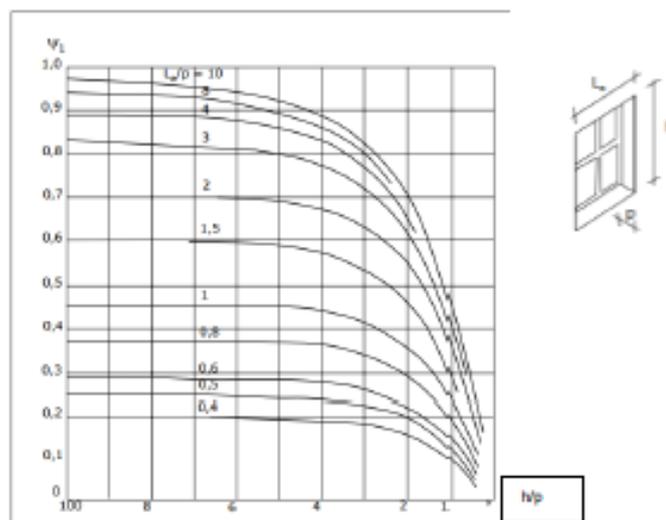


Grafico D.4.1.c – Fattore di riduzione apertura verticale Ψ_v .

2. Calcolare il valore D_m dell'edificio come media pesata dei valori D dei singoli ambienti sulle relative superfici dei locali (B):

$$D_m = \frac{\sum (D_i \cdot S_u)}{\sum S_u} \quad (7)$$

dove:

- D_i = fattore di luce diurna dell'ambiente i -esimo, [%];
- S_u = superficie utile di pavimento dell'ambiente i -esimo, [m²].

3. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio. Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.



QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR

NUOVA COSTRUZIONE
 RISTRUTTURAZIONE

D.4.1

Benessere visivo

illuminazione naturale

corrispondente al valore di l/p precedentemente determinato. Da quest'ultimo punto si traccia la retta orizzontale che individua sull'asse delle ordinate il valore del coefficiente di riduzione ψ

dove:

p = spessore del muro [m]

h = altezza del vano finestra [m]

l = lunghezza del vano finestra [m]

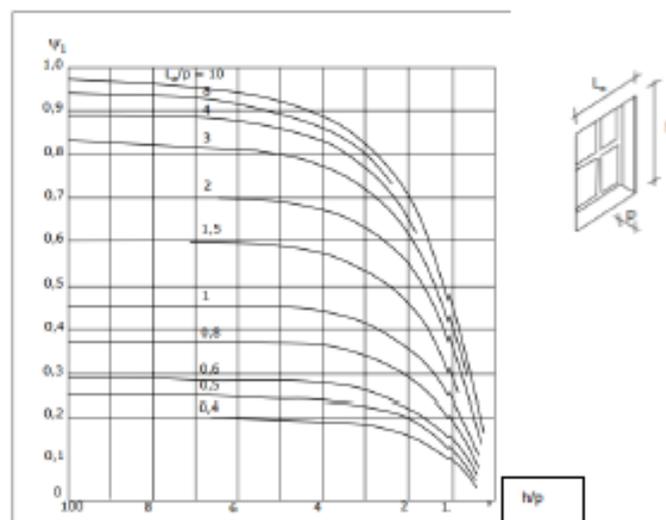


Grafico D.4.1.c – Fattore di riduzione apertura verticale Ψ_v .

2. Calcolare il valore D_m dell'edificio come media pesata dei valori D dei singoli ambienti sulle relative superfici dei locali (B):

$$D_m = \frac{\sum (D_i \cdot S_u)}{\sum S_u} \quad (7)$$

dove:

D_i = fattore di luce diurna dell'ambiente i -esimo, [%];

S_u = superficie utile di pavimento dell'ambiente i -esimo, [m²].

3. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio. Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Riferimenti bibliografici

- ATS Sardegna – ARPA Sardegna. Aspetti ambientali e sanitari del traffico veicolare nelle aree urbane della Sardegna. Documento descrittivo dell'attività integrata ATS Sardegna – ARPA Sardegna. Programma P-8.2 “Supporto alle Politiche Ambientali” - Azione P-8.2.1.4 Attività della rete finalizzata alla produzione di documento/i sulle attività integrate. Rete integrata per le tematiche ambiente e salute. (link: https://www.regione.sardegna.it/documenti/1_38_20200817135636.zip Sottocartella P-8.2.2 Sviluppo conoscenze su ambiente e salute).
- Billie Giles-Corti et al., 2010. The co-benefits for health of investing in active transportation. *New South Wales Public Health Bulletin*, 21(6), 122-127.
- Buttazzoni A. et. al, 2020. Smart City and High-Tech Urban Interventions Targeting Human Health: an equity-focused systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*.
- Cambiamenti climatici, alluvioni e impatto sulla salute (P. Michelozzi, F. de'Donato, 2022. Il Pensiero Scientifico Editore. *Recenti Prog. Med.* 2014;206:48-50).
- Cariñanos P., Marinangeli F. 2021. An updated proposal of the Potential Allergenicity of 150 ornamental trees and shrubs in Mediterranean Cities. *Urban Forestry and Urban Greening*, 2021, 63, 127218. Elsevier ed. ISSN: 1618-8667.
- Cariñanos, P., Casares-Porcel, M., Quesada-Rubio, J.M., 2014. Estimating the allergenic potential of urban green spaces: A case-study in Granada, Spain. *Landscape and Urban Planning*, 123:134-144.
- Carta per la rigenerazione urbana delle green city. Per uscire dalla crisi, dopo la pandemia, con più cura per il nostro futuro. Green City Network. (link: <https://www.greencitynetwork.it/documenti/>).
- Castro et. al., 2018. Exposure-adjusted Fatality Rates for Cycling and Walking in European Countries. London: International Transport Federation, Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Castro et. al. 2017. Health benefits of a reduction of PM10 and NO2 exposure after implementing a clean air plan in the Agglomeration Lausanne-Morges. *Int J Hyg Environ Health*. 220(5):829-839. doi:10.1016/j.ijheh.2017.03.012.
- Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni COM(2013) 249 final. “Infrastrutture verdi. Rafforzare il capitale naturale in Europa”.
- Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni COM(2020) 474 final. “Resilienza delle materie prime critiche: tracciare un percorso verso una maggiore sicurezza e sostenibilità”.
- Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni COM(2020) 789 del 9.12.2020, recante la “Strategia per una mobilità sostenibile e intelligente: mettere i trasporti europei sulla buona strada per il futuro”.
- Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo COM(2021) 82 final. Plasmare un'Europa resiliente ai cambiamenti climatici. “La nuova strategia dell'UE di adattamento ai cambiamenti climatici”.
- D.Lgs. 49/2010 n. 49 del 23 febbraio 2010. “Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni”. (GU Serie Generale n.77 del 02-04-2010).
- De Almeida et al., 2021. Study of the Urban Heat Island (UHI) Using Remote Sensing Data/Techniques: A Systematic Review. *Environments* 2021, 8, 105. <https://doi.org/10.3390/environments8100105>).
- Delib. GR n. 15/3 del 24.03.2020. Delibera CIPE n. 98/2017 del 22 dicembre 2017 - I Addendum al Piano Operativo Fondo di Sviluppo e Coesione Infrastrutture 2014-2020. Asse Tematico C “Interventi per il trasporto urbano e metropolitano”. Schema di Convenzione tra il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e la Regione Autonoma della Sardegna. (link: https://delibere.regione.sardegna.it/homepage.page?frame19_item=2&facetNode_1=date_2020_03_24&selectedNode=date_2020_03_24).



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

- Delib. GR n. 52/18 del 23.10.2020. Piano Strategico Nazionale della Mobilità Sostenibile approvato con DPCM del 17 aprile 2019. Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 81 del 14 febbraio 2020 di riparto delle risorse. Programmazione delle risorse. (link: https://delibere.regione.sardegna.it/it/homepage.page?frame19_item=2&facetNode_1=date_2020_10_23&selectedNode=date_2020_10_23).
- Delib. GR n. 11/12 del 24.03.2021. Contributo della Regione Autonoma della Sardegna al Programma Nazionale di Riforma (PNR) 2021. (link: https://delibere.regione.sardegna.it/it/homepage.page?frame19_item=8&facetNode_1=date_2021_03_24&selectedNode=date_2021_03_24).
- Delib. GR n. 17/23 del 7.05.2021. Definizione dei criteri di ripartizione delle risorse per la redazione dei programmi di investimento per il rinnovo dei parchi automobilistici destinati al trasporto pubblico locale regionale finanziati con le risorse del D.M. n. 81 del 14 febbraio 2020 “Piano Strategico Nazionale della Mobilità Sostenibile”, del D.M. n. 223 del 19 maggio 2020 e con le risorse disponibili di cui al D.I. n. 345 del 28 ottobre 2016 e al D.M. n. 25 del 23 gennaio 2017. (link: https://delibere.regione.sardegna.it/it/homepage.page?selectedNode=date_2021_05_07).
- Delib. GR n. 17/9 del 19.05.2022. Contributo della Regione Autonoma della Sardegna al Programma Nazionale di Riforma (PNR) 2022. (link: https://delibere.regione.sardegna.it/it/homepage.page?frame19_item=7&facetNode_1=date_2022_05_19&selectedNode=date_2022_05_19).
- Delib. GR n. 39/56 Strategia Regionale per lo Sviluppo Sostenibile. Indirizzi per l’attuazione. (link: https://delibere.regione.sardegna.it/it/homepage.page?selectedNode=date_2021_10_08)
- Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e di Chimica. Politecnico di Bari. “L’isola urbana di calore: un problema sociale”.
- Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 27 febbraio 2004 “Indirizzi operativi inerenti la predisposizione della parte dei piani di gestione relativa al sistema di allertamento nazionale, statale e regionale, per il rischio idraulico ai fini di protezione civile di cui al decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 di recepimento della Direttiva 2007/60/CE. (15A02543) (GU Serie Generale n.75 del 31-03-2015).
- D.M. n. 397 del 4 agosto 2017 “Individuazione delle linee guida per i piani urbani di mobilità sostenibile ai sensi dell’articolo 3, comma 7, del D.Lgs. 16 dicembre 2016, n. 257” (17A06675) (GU Serie Generale n.233 del 05-10-2017).
- D.M. n. 396 del 28 agosto 2019 “Modifica delle linee guida per la redazione dei piani urbani della mobilità sostenibile (PUMS), di cui al decreto ministeriale 397/2017. (19A06734) (GU Serie Generale n.255 del 30-10-2019)”.
- D.M. del 23 giugno 2022. “Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l'affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l'affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi”. (22A04307) (GU Serie Generale n.183 del 06-08-2022).
- Documento di indirizzo per la pianificazione urbana in un’ottica di Salute Pubblica. (link: https://www.salute.gov.it/portale/documentazione/p6_2_2_1.jsp?lingua=italiano&id=3125).
- Doorley et al., 2015. Quantifying the Health Impacts of Active Travel: Assessment of Methodologies. Transport Reviews 35(5):559–582.
- European Commission. Smart cities. (link: https://commission.europa.eu/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/city-initiatives/smart-cities_en).
- European Environment Agency (EEA) – Outlook to 2033 – Can the number of people affected by transport noise be cut by30%. (link: <https://www.eea.europa.eu/publications/outlook-to-2030/outlook-to-2030-can-the/#case-studies>)
- European Environment Agency (EEA) 2016 – Trasporti e salute. (link: <https://www.eea.europa.eu/it/segnali/segnali-2016/articoli/trasporti-e-salute>).
- Green City Approach: approccio integrato e multisettoriale al benessere, all’inclusione sociale e allo sviluppo durevole delle città, basato sugli aspetti ormai decisivi della elevata qualità ambientale, dell’efficienza e della circolarità delle risorse, della mitigazione e dell’adattamento al cambiamento climatico. (link: <https://www.greencitynetwork.it/>).



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

- ISPRA. Manuali e Linee Guida 129/2015. Linee guida di forestazione urbana sostenibile di Roma Capitale. ISPRA.
- ISTAT. Tavole dati Ambiente Urbano. (link: <https://www.istat.it/it/archivio/264816>)
- Istituto Superiore di Sanità (ISS) Epicentro – Inquinamento atmosferico e rischi per la salute. (link: <https://www.epicentro.iss.it/ambiente/AirPollution2016>).
- Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), 2021. Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio. (link: <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/dissesto-idrogeologico-in-italia-pericolosita-e-indicatori-di-rischio-edizione-2021>).
- Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) Progetto IdroGEO. (link: <https://idrogeo.isprambiente.it/app/>).
- Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA). Rapporto ISPRA 377/2022 – Sviluppo della mobilità sostenibile in Italia: un'analisi econometrica.
- Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA). Rapporto ISPRA 342/2021 – Italian Emission Inventory 1990-2019. Informative Inventori Report 2021.
- Konijnendijk wt. all, 2013. Benefits of Urban Parks. A systemic review. IFPRA.
- La Sardegna in una rete europea di mobilità sostenibile. (link: <https://www.regione.sardegna.it/index.php?xsl=2425&s=390156&v=2&c=13780&na=1&tb=13769>).
- Lassini P. et al., 2014, Spazi verdi: manuale di progettazione e gestione agro-ambientale, Edagricole.
- Legambiente. *Città sempre più calde*. Rapporto dell'Osservatorio di Legambiente CittàClima 2020.
- Linee Guida ELITIS sulla mobilità sostenibile in ambito urbano. Guidelines for developing and implementing a Sustainable Urban Mobility Plan (2nd edition). (link: <https://www.eltis.org/mobility-plans/sump-guidelines>).
- Mass J. et all..2009. Morbidity is related to a green living environment. J Epidemiol Community Health.
- Matz et all., 2019. Human health effects of traffic-related air pollution (TRAP): A scoping review protocol. Syst Rev. 8(1):1–5. doi.10.1186/s13643-019-1106-5.
- Ministero delle Imprese e del Made in Italy – Materie prime critiche. (link: <https://www.mise.gov.it/index.php/it/impresa/competitivita-e-nuove-imprese/materie-prime-critiche/materie-prime-critiche#cosa>).
- NASA. Global Climate Change. “Can you explain the urban heat island effect?” (link: <https://climate.nasa.gov/faq/44/can-you-explain-the-urban-heat-island-effect/>).
- Nelson P.R. et. all, 2019. Smart Cities and Public Health: a systematic review. Procedia Computer Science 164 (2019) 516-523.
- Nuvolone et all., 2011. Geographical information system and environmental epidemiology: a cross-sectional spatial analysis of the effects of traffic-related air pollution on population respiratory health. Environmental Health, 10:12 2011.
- Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), 2015. Regional Office for Europe. European facts and the Global status report on road safety 2015.
- Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), 2016. Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease.
- Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), 2017. Sixth Ministerial Conference on Environment and Health.
- Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) 2018. “Climate and Health Country Profile – Italy”.
- Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), 2020. Personal interventions and risk communication on Air Pollution.
- Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), 2022. Walking and cycling: latest evidence to support policy-making and practice.
- Osservatorio PUMS <https://www.osservatoriopums.it/>



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

- Pacitti F. et all., 2007. Prevalence of seasonal affective disorder in Italy. Rivista di psichiatria.
- Piano Nazionale di Prevenzione degli effetti del caldo sulla salute. Linee di indirizzo per la prevenzione – Ondate di calore e inquinamento atmosferico. Centro Nazionale Prevenzione e Controllo Malattie (CCM), 2019.
- Piano Operativo Nazionale per la Prevenzione degli Effetti del Caldo sulla Salute (Centro Nazionale per la Prevenzione ed il Controllo delle Malattie e Dipartimento della Protezione Civile – DPC Centro di Competenza Nazionale di Prevenzione degli Effetti del Caldo (Dipartimento di Epidemiologia ASL RM/E), 2005. (link: <https://www.ccm-network.it/progetto.jsp?id=node/563&idP=740>)
- Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.1:2019. Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità - Edifici residenziali. (link: https://www.itaca.org/valutazione_sostenibilita.asp)
- Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.2:2019. Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità - Edifici non residenziali. (link: https://www.itaca.org/valutazione_sostenibilita.asp)
- Prassi di Riferimento UNI: UNI/PdR 13.0:2019 Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità - Inquadramento generale e principi metodologici. (link: https://www.itaca.org/valutazione_sostenibilita.asp)
- Pijpers-van Esch. Marjolein, A+BE: Architecture and the Built Environment, 2015. Designing the Urban Microclimate. A framework for a design-decision support tool for the dissemination of knowledge on the urban microclimate to the urban design process.
- Regione Autonoma della Sardegna, 2019. “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” predisposti dal Gruppo di Lavoro per l’Azione P-8.2.4. del Programma P-8.2 “Supporto alle Politiche Ambientali” del Piano Regionale di Prevenzione 2014-2019, e adottati con Deliberazione della Giunta Regionale n. 5/31 del 29 gennaio 2019. (link: <https://delibere.regione.sardegna.it/protected/44983/0/def/ref/DBR44891/>)
- Samsonov et all., 2016. Object-oriented approach to urban canyon analysis and its applications in meteorological modeling. Urban Climate.
- Simona Re. Spazi verdi e spazi blu allungano la vita. (Micron/ ambiente e salute).
- Sistema Nazionale per la Protezione dell’Ambiente, 2022. Città in transizione: i capoluoghi italiani verso la sostenibilità ambientale. Documento di valutazione integrata della qualità dell’ambiente urbano. Delibera del Consiglio SNPA. Seduta del 16.06.2022 Dc. N. 172/22.
- Strategia Regionale per lo Sviluppo Sostenibile. Indirizzi per l’attuazione. (link: https://delibere.regione.sardegna.it/visualizza_delibera.page;jsessionid=0380B26175905AD29920320426058505.app4?contentId=DBR57095).
- Thurston G. D. et all., 2016. Air pollution has many effects on health; this document provides guidance to judge the adversity of such effects. European Respiratory Journal 2017 49: 1600419. (link: <https://erj.ersjournals.com/content/49/1/1600419>).
- UNI/PdR 77:2020. Linee guida per il calcolo computerizzato per la determinazione del LENI secondo il metodo di calcolo completo della UNI EN 15193-1:2017.
- UNI EN 15193-1:2021. Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione - Parte 1: Specificazioni, Modulo M9
- UNI EN 12464-1: 2021. “Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni”.
- UNI/TS 11826:2021 - “Illuminazione di interni residenziali domestici con luce artificiale”,
- UNI EN 17037:2022. “Luce diurna negli edifici”.
- Urich & Parsons 2020. Influences of experiences with plants on well-being and health. The role of Horticulture in Human Well-Being and Social Development.



4. RIDUZIONE DELL'ESPOSIZIONE ALL'INQUINAMENTO

4.1 Riduzione dell'esposizione all'inquinamento atmosferico

Impatti ambientali e sanitari

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.

I principali inquinanti presenti in atmosfera in ambito urbano sono il particolato (PM10 e PM2,5), il biossido di zolfo (SO₂), il monossido di carbonio (CO), gli ossidi di azoto (NO_x), l'ozono (O₃) e il benzene (C₆H₆). Nel particolato atmosferico, in particolare nel PM10, possono essere presenti metalli quali, ad esempio, arsenico, cadmio, mercurio, nichel, piombo, e idrocarburi policiclici aromatici (IPA), come 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.

Le fonti dei suddetti inquinanti sono molteplici e possono essere di natura antropica o naturale. La miscela di tali inquinanti è fortemente variabile localmente e temporalmente a causa delle interazioni con i fattori climatici del sito e della presenza di molteplici elementi che possono determinare l'incremento o la riduzione delle concentrazioni degli inquinanti atmosferici.

In via generale, nell'ambito del tessuto urbano, le principali sorgenti di contaminazione atmosferica sono rappresentate dal traffico veicolare e dai sistemi tradizionali a combustione di riscaldamento domestico, ai quali si aggiungono le emissioni dovute ad attività artigianali. Intervengono inoltre le emissioni correlate alle attività industriali, generalmente ubicate nei contesti periferici all'ambiente urbano ma che in presenza di talune condizioni climatiche e di particolari caratteristiche orografiche del territorio, possono determinare l'inquinamento cronico dell'aria atmosferica con pesanti ripercussioni sulla qualità dell'aria all'interno dell'area urbanizzata, anche se ubicata a distanze rilevanti dalle sorgenti di emissione. Ulteriore fattore di interesse sotto il profilo dell'analisi della qualità dell'aria atmosferica è l'inquinamento legato alle sorgenti indoor: sono un esempio gli inquinanti derivanti dalla cottura dei cibi e dall'uso dei prodotti per la pulizia degli ambienti. Infatti, nei contesti urbani non è rara la produzione di odori molesti, derivanti dalle attività di vita quotidiana, dalle attività commerciali e della ristorazione, nonché dalla presenza nelle aree esterne agli edifici di depositi di rifiuti solidi urbani, talvolta mal gestiti.

In Sardegna, il monitoraggio della qualità dell'aria avviene attraverso una opportuna rete di misura costituita dalle stazioni di monitoraggio degli inquinanti atmosferici, gestita dall'ARPAS, dislocate nel territorio regionale, in accordo alla zonizzazione definita ai sensi della Deliberazione di Giunta Regionale (DGR) 52/19 del 10.12.2013 e in attuazione del D.Lgs. 155/2010. La rete di misura si completa con un centro operativo di acquisizione ed elaborazione dati (C.O.T.) ubicato presso la Direzione Tecnico-Scientifica dell'ARPAS. I dati vengono trasferiti in tempo reale al Sistema Informativo Regionale Ambientale (S.I.R.A.).

Inoltre, si evidenzia che con la DGR n.52/42 del 23/12/2019 recante "*Riesame della classificazione delle zone e dell'agglomerato ai fini della valutazione della qualità dell'aria ambiente ai sensi del D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii.*" si è provveduto ad aggiornare la classificazione di zone e dell'agglomerato di Cagliari ai fini della valutazione della qualità dell'aria ambiente sulla base dei criteri stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 e s.m.i. e si basa sui dati delle misure disponibili relative al quinquennio 2014 – 2018.

La tabella seguente riporta i link alle pagine dei siti istituzionali dai quali reperire le informazioni sulla qualità dell'aria in Sardegna.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Oggetto	Documenti di riferimento
Valutazione della qualità dell'aria	La documentazione generale relativa alla "Valutazione della qualità dell'aria" è disponibile su SardegnaAmbiente ai seguenti indirizzi: https://portal.sardegnaasira.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 principale 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 Successivamente, con la deliberazione della Giunta Regionale n.52/42 del 23/12/2019, la Regione Sardegna ha aggiornato la classificazione col documento "Riesame della classificazione delle zone e dell'agglomerato ai fini della valutazione della qualità dell'aria ambiente ai sensi del D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii.": https://delibere.regione.sardegna.it/protected/49635/0/def/ref/DBR49151/ https://delibere.regione.sardegna.it/protected/49636/0/def/ref/DBR49151/
Progettazione del 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/jv/66?s=1&v=9&c=27&c1=1260&id=63903
Monitoraggio della qualità dell'aria	Dati SIRA – Pubblicazione dei dati sulla qualità dell'aria: https://portal.sardegnaasira.it/ricerca-centraline Dati ArpasAria online – Visualizzare, tramite mappe, grafici e indicatori interattivi, in near-real-time gli ultimi dati di monitoraggio della qualità dell'aria rilevati dalle stazioni presenti sul territorio regionale: https://arpas.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=f2ad9dea17544e9083a27437fe285bac
Documentazione sulla qualità dell'aria	I riferimenti sui dati e relative valutazioni sulla qualità dell'aria, a partire dall'anno 2005, sono disponibili nel sito di SardegnaAmbiente: https://portal.sardegnaasira.it/rete-di-misura-in-siti-fissi ARPAS pubblica le informazioni sulla qualità dell'aria al seguente indirizzo internet: https://www.sardegnaambiente.it/index.php?xsl=611&s=21&v=9&c=5012&es=4272&na=1&n=10
Pianificazione della qualità dell'aria	I documenti inerenti ai 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://www.regione.sardegna.it/documenti/1_274_20170112144658.pdf
Emissioni atmosferiche	I dati delle emissioni in atmosfera, e relative simulazioni, disponibili nel SIRA (Sistema informativo regionale ambientale), gestito dal Servizio SVASI 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.sardegnaasira.it/inventario-emissioni



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE



Figura 4.1: rete di monitoraggio della qualità dell'aria. Fonte: <https://portal.sardegناسira.it/mappa-stazioni-misura>.

Per maggiori informazioni su tali aspetti si rimanda al Documento *“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”*, 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 e adottato dalla Giunta Regionale della Regione Sardegna con Deliberazione n. 5/31 del 29.01.2019⁷³. Il suddetto documento esamina la correlazione con gli eventuali inquinanti atmosferici che possono influire sulla qualità dell'aria indoor descrivendo le principali caratteristiche degli stessi e gli impatti sulla salute derivanti dall'esposizione a tali inquinanti.

Come anticipato, tra le principali fonti emmissive primarie di inquinamento atmosferico in ambito urbano, in particolare di PM10 e di PM2.5, figurano gli impianti di riscaldamento domestico tradizionali alimentati mediante biomassa legnosa (es. legna da ardere, pellet). Tale aspetto è risultato particolarmente evidente durante il primo *lockdown* adottato durante il 2020 per far fronte all'emergenza sanitaria da CoViD-19. Secondo quanto riportato nella *“Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2020”* (Regione Autonoma della Sardegna – Assessorato della Difesa dell'Ambiente; Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna (ARPAS)) e nel report *“La qualità dell'aria in Italia. Edizione 2020”*

⁷³ <https://www.sardegناسalute.it/index.php?xsl=316&s=9&v=9&c=93932&na=1&n=10>



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

(Report di Sistema SNPA 17/2020)⁷⁴, i dati sulla qualità dell'aria rilevati dalle stazioni di fondo e di traffico posizionate nell'agglomerato di Cagliari e nell'area urbana di Sassari e Olbia mettono in evidenza, nel periodo compreso tra i mesi di marzo e maggio 2020, rispetto allo stesso arco temporale del 2019, una modifica significativa delle concentrazioni di NO₂ e di PM₁₀, riconducibile alle misure nazionali di contrasto adottate per il contenimento e la gestione dell'emergenza epidemiologica da CoViD-19. Nella fattispecie, nei mesi di marzo e aprile 2020, rispetto a quanto rilevato negli stessi mesi del 2019, per le stazioni di traffico delle suddette aree urbane è stata registrata una riduzione delle concentrazioni di NO₂ in aria rispettivamente pari al 42% e al 57%. Successivamente, nel mese di maggio 2020, in concomitanza con la parziale riapertura delle attività lavorative, si è assistito ad una riduzione delle concentrazioni di detto inquinante pari al 36% rispetto a maggio 2019, dunque minore rispetto a quanto rilevato nei precedenti mesi di marzo e aprile 2020.

In relazione al PM₁₀, invece, la tendenza alla riduzione dei valori di tale inquinante appare meno marcata rispetto al 2019: a marzo 2020, infatti, rispetto allo stesso mese del precedente anno, per le stazioni di traffico e fondo di Cagliari, Sassari e Olbia è stata registrata una riduzione delle concentrazioni di PM₁₀ pari al 19%. L'analisi delle concentrazioni del PM₁₀ rilevate da marzo a maggio 2020 mette in evidenza un andamento stabile per tutte le stazioni. Il PM₁₀, dunque, appare svincolato dai flussi di traffico veicolare mentre risulta maggiormente correlato all'utilizzo degli impianti di riscaldamento di tipo tradizionale.

In Sardegna, secondo quanto riportato nel Piano Regionale di qualità dell'aria ambiente - predisposto ai sensi del D.Lgs. 155/2010 e s.m.i. e approvato con D.G.R. n. 1/3 del 10.01.2017 – sono individuate le misure da adottarsi per ridurre i livelli degli inquinanti nelle aree con superamenti dei valori limite di legge, nonché le misure aggiuntive per preservare la migliore qualità dell'aria in tutto il territorio regionale.

Detto Piano evidenzia che, sulla base dell'*inventario regionale delle emissioni in atmosfera* (aggiornato al 2010), tra le sorgenti emissive principali nel territorio regionale figura il riscaldamento domestico mediante l'uso di caminetti e stufe tradizionali e il riscaldamento domestico (singolo o condominiale) mediante l'uso di caldaie, in genere ormai obsolete, caratterizzata da scarse efficienze di riscaldamento ed elevati fattori emissivi. In particolare, dai risultati delle analisi delle sorgenti principali di inquinamento emerge chiaramente che il 56% delle emissioni di particolato atmosferico PM₁₀ stimate sul territorio dell'agglomerato di Cagliari (costituito dai Comuni di Cagliari, Elmas, Monserrato, Quartu Sant'Elena, Quartucciu e Selargius) proviene dal riscaldamento domestico, in particolare da piccole caldaie (<20 MW) e stufe che utilizzano legna come combustibile (Tabella 4.1). Le stesse sorgenti domestiche contribuiscono per il 64% delle emissioni di PM_{2,5} (Tabella 4.2) e per l'83% delle emissioni di benzo(a)pirene (Tabella 4.3).

Attività	Emissioni di PM10 (Mg)	% attività	% cumulativa
Domestico caminetti	134,98	32,83	32,83
Domestico stufe tradizionali	61,06	14,85	47,69
Domestico caldaie <20 MWth	34,03	8,28	55,97
Produzione calcestruzzo	22,21	5,40	61,38
Porti	21,43	5,21	66,58
Estrazione (Quarrying)	16,18	3,94	70,52
Produzione di laterizi (processi)	15,66	3,81	74,33
Veicoli leggeri <3.5 t – strade urbane	13,47	3,28	77,60
Veicoli pesanti >3.5 t – strade urbane	11,17	2,72	80,32

Tabella 4.1: Sorgenti principali (key sources) per il PM₁₀ nell'agglomerato di Cagliari.

⁷⁴ Regione Autonoma della Sardegna; Agenzia Regionale per la protezione dell'ambiente della Sardegna (ARPAS). *Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2020*.

https://portal.sardegناسira.it/documents/21213/200223/Relazione_Qualita_Aria_2020-1.pdf/763f6ebb-3406-42fb-96f0-e99cc891f311

Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente (SNPA). *La qualità dell'aria in Italia. Edizione 2020*. (Report di Sistema SNPA 17/2020) <https://www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2020/12/QUALITA-ARIA-ITALIA.pdf>



Attività	Emissioni di PM2.5	% attività	% cumulativa
Domestico caminetti	131,77	37,57	37,57
Domestico stufe tradizionali	59,46	16,95	54,53
Domestico caldaie <20 MWth	33,35	9,51	64,04
Produzione calcestruzzo	21,43	6,11	70,15
Produzione di laterizi (processi)	13,87	3,96	74,10
Veicoli leggeri <3.5 t – strade urbane	13,47	3,84	77,95
Veicoli pesanti >3.5 t – strade urbane	11,17	3,19	81,13

Tabella 4.2: Sorgenti principali (key sources) per il PM2.5 nell'agglomerato di Cagliari.

Attività	Emissioni di benzo(a)pirene (kg)	% attività	% cumulativa
Domestico caminetti	19,44	43,23	43,23
Domestico stufe tradizionali	9,72	21,61	64,84
Domestico caldaie <20 MWth	8,25	18,35	83,19

Tabella 4.3: Sorgenti principali (key sources) per il benzo(a)pirene nell'agglomerato di Cagliari.

Al fine di intervenire sulla problematica precedentemente evidenziata con l'obiettivo di ridurre quanto più possibile, nell'ambito dell'agglomerato di Cagliari, i livelli di particolato e di benzo(a)pirene derivanti dagli impianti tradizionali di riscaldamento domestico (es. caminetti e stufe a legna), il suddetto Piano Regionale di qualità dell'aria ambiente individua un'apposita misura tecnica di risanamento che prevede l'incentivazione alla dismissione dei vecchi impianti di cui sopra e la loro sostituzione con sistemi ad alta efficienza e meno inquinanti. A tal proposito, mediante Deliberazione di Giunta Regionale n.36/37 del 12.09.2019 sono state ripartite le risorse stanziare dall'art. 5, c. 4 della L.R. n.48/2018 ("Legge di stabilità 2019"), per l'erogazione di contributi ai Comuni dell'agglomerato di Cagliari in funzione della popolazione ivi residente, da destinare ai privati cittadini al fine di incentivare la sostituzione di impianti obsoleti di riscaldamento domestico a bassa efficienza con impianti nuovi maggiormente performanti sotto il profilo dei consumi energetici e meno inquinanti.

Il rapporto dell'Organizzazione mondiale della sanità (OMS) "*Ambient Air Pollution: a global assessment of exposure and burden of disease*" (2016), sottolinea la rilevanza dell'inquinamento atmosferico (*outdoor* e *indoor*) quale principale fattore di rischio ambientale per la salute della popolazione mondiale⁷⁵. È infatti noto che l'inquinamento atmosferico indoor e outdoor è un fattore di rischio per la salute a cui sono associati circa 7 milioni di morti premature all'anno, di cui circa 400.000 in Europa (fonte Epicentro – ISS)⁷⁶.

Gli effetti sulla salute umana attribuibili all'esposizione all'inquinamento atmosferico sono documentati da numerosi studi epidemiologici che hanno evidenziato un ampio spettro di esiti sanitari acuti e cronici, che vanno dai sintomi respiratori alla morbosità e mortalità per patologie cardiologiche, respiratorie e tumorali. Questi esiti sanitari sono stati osservati per livelli di concentrazione di inquinanti a cui sono generalmente esposte le popolazioni residenti in aree urbane ubicate in ogni parte del mondo, sia nei paesi sviluppati che in quelli in via di sviluppo.

Nel 2012, circa 6,5 milioni di decessi (11,6% di tutti i decessi totali) sono stati associati all'inquinamento dell'aria *outdoor ed indoor*. Quasi il 90% dei decessi legati all'inquinamento atmosferico si verifica nei paesi a basso e medio reddito, e quasi il 75% di questi si verificano nelle regioni dell'Asia sudorientale e del Pacifico occidentale. Il 94% è dovuto a malattie non trasmissibili, in particolare malattie cardiovascolari, ictus, broncopneumopatia cronica ostruttiva e cancro ai polmoni. L'inquinamento atmosferico aumenta anche i

⁷⁵ <https://www.epicentro.iss.it/ambiente/AirPollution2016>

⁷⁶ <https://www.epicentro.iss.it/ambiente/aggiornamenti>



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

rischi di infezioni respiratorie acute⁷⁷.

L'impatto dell'inquinamento atmosferico nelle aree urbane

Le aree urbane rappresentano i contesti territoriali più a rischio in considerazione della quota di popolazione che si concentra in queste aree. Il rapporto "Mal'aria" di Legambiente sottolinea che, nel 2019, 26 centri urbani italiani sono risultati fuorilegge sia per le polveri sottili sia per l'ozono (O₃), particolarmente pericoloso per chi soffre d'asma. In Italia circa il 70% della popolazione vive nelle aree urbane in cui il traffico veicolare rappresenta, nella maggior parte dei casi, la causa principale dell'inquinamento atmosferico, con contributi variabili dal 40% all'80% a seconda dei diversi contesti territoriali geografici.

Inoltre, come precedentemente evidenziato, è di fondamentale importanza il riscaldamento domestico che spesso si configura come principale fonte di contaminazione atmosferica in ambito urbano con l'emissione di particolato e benzo(a)pirene correlata ai processi di combustione di legna da ardere e pellet, dato l'utilizzo ancora diffuso di generatori di calore tradizionali come piccole caldaie, stufe e caminetti a bassa efficienza, spesso a servizio di un solo appartamento.

Nel 2013 la IARC (International Agency for Research on Cancer) sulla base di una notevole mole di conoscenze scientifiche ed evidenze epidemiologiche ha incluso l'inquinamento *atmosferico* - come miscela di inquinanti - e le polveri sottili (particolato) tra le sostanze di classe 1 ossia quelle sicuramente cancerogene per gli esseri umani.

L'inquinamento atmosferico determina impatti sulla salute in termini di aumento della mortalità (diminuzione dell'aspettativa di vita a seguito di esposizione all'inquinamento atmosferico) e morbosità (varie patologie, tra cui infiammazione, tosse cronica, fino a condizioni che possono richiedere il ricovero). Tutti gli impatti devono essere tenuti in considerazione poiché l'inquinamento atmosferico colpisce l'intera popolazione su base giornaliera.

Ai fini della tutela della salute è quindi importante limitare le esposizioni prolungate a tutti gli inquinanti ambientali, e proteggere con maggiore attenzione i soggetti più vulnerabili attraverso la particolare tutela di utenze quali residenze, scuole, edifici adibiti a ospedali, cliniche, case di cura nonché attività sportive e ricreative.

Finalità
Ridurre l'esposizione della popolazione agli inquinanti atmosferici derivanti da sorgenti di contaminazione ubicate nelle aree territoriali esterne al tessuto urbano o correlati alle attività svolte all'interno del contesto insediativo stesso.
Obiettivi prestazionali sanitari e ambientali
Adottare strategie di pianificazione urbana e soluzioni progettuali finalizzate a prevenire l'esposizione degli occupanti dell'edificio agli inquinanti atmosferici, con particolare attenzione a quelli correlati al traffico veicolare, al riscaldamento domestico e alle attività antropiche svolte nel sito.
Buone pratiche
Effettuare, in fase progettuale dell'edificio, l'analisi dei dati di monitoraggio degli inquinanti eventualmente presenti nel sito secondo quanto riportato al punto 3 del quadro delle buone pratiche del capitolo 3.1 del presente Documento.
Localizzare i complessi edilizi di nuova realizzazione, con particolare attenzione alle strutture sanitarie (ospedali, case di cura, ambulatori) e scolastiche, lontano da possibili fonti d'inquinamento atmosferico e odorigene (strade ad elevato traffico veicolare ed attività produttive/artigianali) che possono deteriorare la qualità dell'aria esterna e interna all'edificio.
Curare l'orientamento delle strutture e la reciproca posizione al fine di evitare, o limitare, le eventuali ostruzioni alla libera circolazione dell'aria ed il conseguente effetto di diluizione degli inquinanti atmosferici.
Ubicare i punti di emissione delle condotte di trasporto di effluenti gassosi (es. fumi, vapori, ecc.) lontano dalle aperture esterne dell'edificio e degli stabili limitrofi, affinché non si determini un richiamo di tali emissioni all'interno degli ambienti con il conseguente deterioramento della qualità dell'aria indoor.

⁷⁷<https://www-who-int.translate.goog/news/item/27-09-2016-who-releases-country-estimates-on-air-pollution-exposure-and-health-impact? x tr sl=en& x tr tl=it& x tr hl=it& x tr pto=sc>



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Prevedere, a partire dalla fase progettuale dell'edificio, la realizzazione di impianti di riscaldamento domestico (singoli o condominiali) ad alta efficienza, dotati di generatori di calore di ultima generazione (es. generatori di calore alimentati a biomassa (legna o pellet) con almeno 4 stelle (dotati di certificazione ambientale secondo la classificazione di cui al Decreto Ministeriale 7 novembre 2017, n. 186), o pompe di calore elettriche, a gas, geotermiche, caldaie a GPL, gas di città (o a gas naturale quando disponibile).

Prevedere, nelle singole utenze domestiche riscaldate da impianti termici condominiali, l'installazione di sistemi di controllo integrati e di contabilizzazione differenziata dei consumi di calore e acqua sanitaria, al fine di poter consentire al singolo utente di poter monitorare e contenere i consumi energetici e dar luogo, quindi, alla conseguente riduzione delle emissioni di inquinanti in atmosfera correlate all'utilizzo di tali impianti.

Programmare gli interventi di manutenzione periodica degli impianti di riscaldamento domestico alimentati a biomassa legnosa, al fine di garantire il mantenimento di elevate efficienze di combustione e minimizzare mal funzionamenti che possono essere causa dell'incremento di emissioni di inquinanti in atmosfera.

In occasione di interventi di ristrutturazione e/o di riqualificazione energetica dell'edificio, prevedere, laddove possibile, la sostituzione integrale di impianti termici tradizionali alimentati da biomassa legnosa o a gasolio con impianti termici ad alta efficienza, come quelli sopra riportati.

Integrare nel contesto insediativo e nelle pertinenze esterne degli edifici aree verdi finalizzate alla schermatura dei flussi d'aria contaminati e favorire l'assorbimento dei contaminanti stessi da parte delle piante.

Garantire l'opportuna inter-distanza tra gli edifici e le principali sedi viarie ad alta intensità di traffico e/o aree di sosta di veicoli, prediligendo, per queste ultime, una posizione quanto più periferica rispetto al nucleo insediativo.

Minimizzare il traffico veicolare e la velocità di transito dei mezzi di trasporto nelle aree limitrofe agli edifici, privilegiando, in queste aree, l'utilizzo di mezzi pubblici e la mobilità ciclo-pedonale.

Per quanto attiene alla riduzione dell'inquinamento da traffico veicolare si rimanda al capitolo 3.2 relativo agli aspetti della mobilità sostenibile in ambito urbano.

Strumenti di verifica

- Geolocalizzazione e caratterizzazione delle eventuali sorgenti contaminanti presenti nel raggio di 500 m dall'insediamento e descrizione della tipologia e delle modalità di emissione dell'/degli inquinante/i. Ove disponibili, analizzare i dati qualitativi dell'atmosfera registrati tramite le centraline di monitoraggio ambientale.
- 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, alla presenza di venti dominanti e dei naturali moti convettivi.
- Valutazione complessiva delle strategie adottate in fase progettuale per la prevenzione e/o mitigazione dell'esposizione agli inquinanti atmosferici, incluse le misure adottate per ridurre la contaminazione atmosferica derivante dagli impianti di riscaldamento domestico.
- Identificazione delle percentuali di aree verdi disponibili nell'area dell'insediamento.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

4.2 Riduzione dell'esposizione all'inquinamento acustico

Impatti ambientali e sanitari

Il suono è una perturbazione prodotta da una vibrazione meccanica che, propagandosi in un mezzo elastico (gassoso, liquido o solido) determina una variazione di pressione tale da poter essere rilevata da un recettore. Il fenomeno acustico è dunque associato alla compresenza di una sorgente sonora, un mezzo di trasmissione ed un recettore. Oltre che dai parametri fisici di velocità di propagazione, frequenza, periodo, lunghezza e ampiezza d'onda, il suono è caratterizzabile da alcuni fattori che rapportano il fenomeno alla modalità con cui l'orecchio umano lo percepisce. A tal proposito, la misura del fenomeno acustico viene effettuata attraverso il calcolo del livello di pressione sonora, indicata in decibel (dB), unità di misura definita come dieci volte il logaritmo decimale del rapporto fra la pressione sonora misurata e quella assunta come riferimento (ossia la soglia dell'udito per l'orecchio umano, pari a $2 \cdot 10^{-5}$ Pascal (Pa)).

In ambito urbano, le fonti di inquinamento acustico sono molteplici e, in linea generale, sono rappresentate dal traffico stradale, ferroviario ed aereo, dalle attività commerciali e produttive, dai locali aperti al pubblico (ristoranti, bar, discoteche, ecc.), dalle aree ludico-ricreative (campi da gioco, parchi pubblici, ecc.), e dalla attività lavorative temporanee (cantieri edili, cantieri stradali, ecc.).

Tra le suddette fonti, senza dubbio il traffico veicolare è causa delle condizioni di maggior disagio in termini di generazione di rumore, oltre che caratterizzato da una maggiore difficoltà di controllo in quanto strettamente correlato alla tipologia e numero di veicoli circolanti, alla velocità di percorrenza da parte dei veicoli, allo stato dell'infrastruttura stradale (classe stradale, tipo e condizioni dell'asfalto), alla quota della sede stradale rispetto al piano campagna, ecc..

Oltre alle sorgenti di rumore esterne all'edificio, figurano le fonti di rumore e di vibrazioni interne all'edificio stesso: il rumore dovuto al calpestio, al vociare e al funzionamento di elettrodomestici, si propaga facilmente, sia per via aerea sia per trasmissione attraverso le componenti strutturali dell'edificio (tramezzi, pilastri, travi, corpi scala, ecc.). Il rumore e le vibrazioni trasmesse tra locali adiacenti dipendono da molteplici fattori tra cui: le caratteristiche costruttive delle partizioni verticali e orizzontali, le caratteristiche delle connessioni tra i vari elementi strutturali, le modalità di realizzazione delle condotte idriche e fognarie e l'eventuale loro isolamento acustico. Oltre a questi fattori, un ulteriore elemento che condiziona il *comfort* acustico di un ambiente interno è il riverbero delle propagazioni sonore, condizionato dagli elementi presenti all'interno dell'ambiente chiuso (pareti, arredi, ecc.) che, assorbendo in maniera diversa l'energia sonora incidente, modificano il tempo di riverbero⁷⁸ e dunque la qualità del suono percepito.

Pertanto, è fondamentale curare la progettazione acustica dell'edificio, in relazione al contesto in cui questo si trova ed ottemperare alle prescrizioni imposte dalle normative di settore in merito ai requisiti acustici passivi degli edifici, in relazione alla destinazione d'uso dei locali.

Secondo la 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 30/03/2002, evidenzia che:

- 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 Lden⁷⁹ (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.

⁷⁸ Tempo necessario affinché, in un punto di un ambiente chiuso, il livello sonoro si riduca di una certa entità rispetto a quello che si ha nell'istante in cui la sorgente sonora ha finito di emettere.

⁷⁹ Lden: livello di rumore giorno-sera-notte. Indicatore correlato con il fastidio globale prodotto dal rumore nell'arco complessivo delle 24 ore.



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

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 circa 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 Europea 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.

L'inquinamento acustico può essere definito come l'insieme degli effetti negativi dei rumori che provocano nell'uomo effetti disturbanti o dannosi per il fisico o la psiche, con effetti negativi sulla salute e su attività quali lavoro, studio, svago, sonno e vita di relazione.

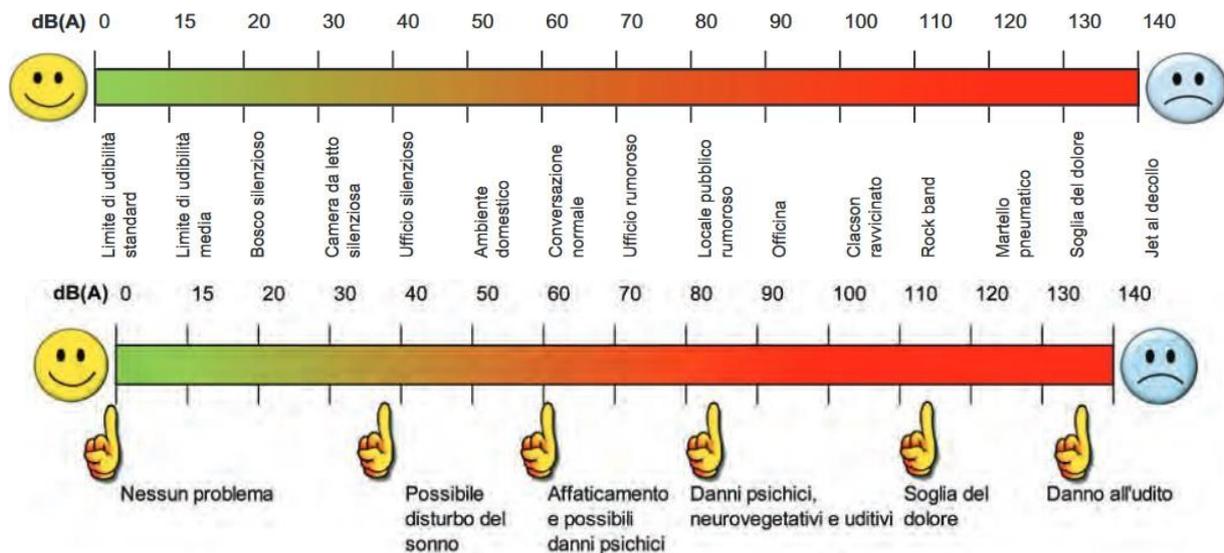


Figura 4.2: scala del rumore in relazione alla sensibilità uditiva e danni provocati dal rumore. Fonte: La valutazione del rischio rumore. INAIL 2015.

L'esposizione a rumore può determinare sia effetti sull'apparato uditivo che effetti extrauditivi.

Tra gli effetti uditivi il più grave è rappresentato dalla ipoacusia, ossia la perdita permanente della capacità uditiva. Mentre, gli effetti extrauditivi comprendono:

- effetti fisiopatologici da stress sulla funzionalità dell'apparato endocrino e cardiovascolare;
- effetti psicologici e comportamentali;
- comunicazione verbale e fonazione;
- effetti sulla sicurezza.

I gruppi di popolazione particolarmente vulnerabili sono i bambini/adolescenti, gli anziani, le donne in gravidanza ed allattamento, gli ammalati, le persone con patologie uditive e soggetti iperacusici (sindrome dello spettro autistico; sindrome down ecc.). L'impatto del rumore nei bambini può determinare una serie di reazioni quali: affaticamento, irritabilità, stress emotivo, aumento dell'iperattività, innalzamento della pressione del sangue, aumento dei livelli di ormoni dello stress come adrenalina e noradrenalina.

Studi condotti in sede internazionale dimostrano che i bambini esposti a rumore cronico possono manifestare deficit nella capacità di concentrazione: per far fronte all'effetto distraente del rumore, i bambini sviluppano strategie di apprendimento che causano stress psico-fisico. Evidenze scientifiche hanno documentato la correlazione fra rumore e risultati scolastici, in particolare la capacità nella lettura: condizioni di rumore persistente hanno effetti negativi sull'abilità nella lettura, al contrario del rumore acuto che sembra avere scarsi effetti. Anche l'abilità nella lingua parlata sembra essere correlata alle capacità nella lettura, per cui risulterebbe che il rumore è in relazione con entrambe.

Le strategie di adattamento messe in atto per distogliere l'attenzione dal rumore e lo sforzo necessario per mantenere le prestazioni mentali adeguate alle attività in svolgimento sono associate ad aumento della pressione arteriosa e ad elevati livelli ematici degli ormoni legati allo stress. Tali effetti possono avere gravi ricadute sulla salute e comportare, in relazione alle condizioni individuali del soggetto esposto, l'insorgenza di:



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

- problemi cardiovascolari: ipertensione ed incremento rischio infarto. Esiste ampia e documentata evidenza in letteratura della relazione tra esposizione a rumore ed insorgenza della cardiopatia ischemica e dell'ipertensione, a partire da livelli espositivi compresi fra 65 e 70 dB(A) di LAeq80;
- indebolimento difese immunitarie;
- problemi gastrointestinali.

Il rumore può disturbare il sonno, inducendo difficoltà ad addormentarsi, ridurre la fase di sonno profondo, incrementare la frequenza dei risvegli e dar luogo a effetti avversi dopo il risveglio o dopo un inadeguato riposo, come affaticamento e deficit delle prestazioni nelle attività giornaliere. Questi effetti si possono evitare se i livelli sonori nell'ambiente indoor destinato al riposo sono mantenuti sotto i 30 dB(A) di LAeq di livello di fondo, oppure con livello di picco massimo sotto 45 dB(A) di LAeq⁸¹.

Leq (dBA)	Effetti sul sonno/riposo
35 ± 5	Allungamento del tempo di addormentamento di almeno 20 minuti. Risvegli nel 10% dei soggetti esposti
45-50	Disturbi dell'architettura del sonno e reazioni neurovegetative
50-60	Tempo di addormentamento prolungato sino ad 1 ora e mezzo più. Si svegliano i bambini
60-70	Gravi alterazioni della qualità e della durata del sonno. Frequenti risvegli.
70-75	La maggior parte dei soggetti esposti si sveglia molto frequentemente. Forte riduzioni delle fasi IV e REM del sonno.

Tabella 4.4: effetti del rumore sul sonno/riposo.

L'Istituto di Medicina del Lavoro di Trieste ha condotto un'indagine che ha messo in relazione il consumo di psicofarmaci con la rumorosità dell'ambiente, rilevando che le vendite di tranquillanti risultano significativamente superiori in zone particolarmente soggette ad inquinamento sonoro.

Sono inoltre note le reazioni di fastidio (*annoyance*) e malessere causati dal rumore che aumentano ampiamente in base ai livelli di rumore. La maggior parte degli individui risulta infastidita da esposizioni a rumore intorno a 50 dB(A) LAeq. Il rumore elevato induce aggressività ed incrementa la possibilità di comportamenti aggressivi su soggetti predisposti. A livelli espositivi superiori a 80 dB(A) di LAeq si riducono i riflessi istintivi in risposta a situazioni di pericolo, con potenziali ricadute in termini di sicurezza.

Da non trascurare anche i possibili effetti sulla sicurezza: il rumore può determinare, infatti, un effetto di mascheramento che disturba le comunicazioni verbali e la percezione di segnali acustici di sicurezza, con un sensibile aumento di probabilità di incorrere in condizioni di pericolo che possono sfociare in eventi che possono incidere sull'incolumità del singolo.

Finalità
Ridurre l'esposizione degli occupanti di un edificio all'inquinamento acustico indotto da sorgenti di rumore e vibrazioni ubicate all'esterno e/o all'interno dell'edificio stesso.
Obiettivi prestazionali sanitari e ambientali
<ul style="list-style-type: none"> • Adottare soluzioni tecniche per la riduzione dell'esposizione all'inquinamento acustico di origine esterna e interna all'edificio ed ottimizzare i livelli di <i>comfort</i> attraverso la corretta pianificazione delle destinazioni d'uso e degli edifici, e dei rispettivi locali, presenti in un contesto insediativo, tenendo conto delle reciproche interazioni tra le attività, presenti o future, svolte nel sito.

⁸⁰ LAeq: livello sonoro equivalente: livello di pressione sonora di un suono costante che, in dato intervallo di tempo, espone l'individuo ricettore alla stessa energia acustica di quella che si ha considerando l'effettiva variabilità del suono.

⁸¹ <https://www.portaleagentifisici.it/>



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

- Minimizzare la trasmissione acustica proveniente dall'esterno e tra i locali dello stesso edificio, nel rispetto dei requisiti acustici passivi previsti dalla normativa di settore.

Buone pratiche

Edificio e contesto

Effettuare la valutazione previsionale del clima acustico in cui è insediato (o si dovrà realizzare) l'edificio.

Posizionare le nuove costruzioni quanto più distanti dalla sorgente sonora più disturbante e sfruttare l'effetto schermante di ostruzioni già presenti nel sito (artificiali e naturali). Localizzare le utenze sensibili (es. asili, scuole, ospedali, RSA) in aree protette e distanti da possibili fonti di rumore.

Predisporre, in prossimità delle sorgenti di rumore, fasce vegetazionali o barriere artificiali di mitigazione dell'energia sonora, nell'ottica di limitare la propagazione delle onde acustiche soprattutto in direzione dei ricettori più sensibili.

Limitare il traffico veicolare in prossimità degli edifici attraverso l'adozione di strade a ridotta velocità di transito ed ampliando le aree ad uso pedonale e ciclo-pedonale.

Massimizzare la distanza tra edifici e sedi viarie ad alta intensità di traffico.

Edificio

Curare la disposizione planimetrica degli ambienti interni ubicando quelli che necessitano maggiore quiete (camere da letto, uffici, ecc.) lungo il lato dell'edificio meno esposto al rumore.

Realizzare l'involucro esterno utilizzando materiali con elevato potere fonoisolante/fonoassorbente, preferibilmente impiegando materiali eco-compatibili (es. fibre di legno, lana di pecora, materiali riciclati).

Utilizzare serramenti e prese d'aria esterne certificate dal punto di vista acustico con un potere fonoisolante adeguato alla presentazione richiesta.

Evitare la presenza di ponti acustici correlati a difetti di posa dei serramenti e alla presenza di prese d'aria non insonorizzate.

Utilizzare infissi con parti vetrate stratificati e a bassa permeabilità all'aria, certificate dal punto di vista acustico.

Ottimizzare l'isolamento acustico tra partizioni interne dell'edificio e minimizzare l'impatto acustico disponendo le aree che necessitano maggiore protezione sonora lontano dagli ambienti adiacenti rumorosi. Ubicare in posizione adiacente gli ambienti di unità abitative confinanti aventi la stessa destinazione d'uso (es. bagni, cucine).

Utilizzare materiali ad alto potere fonoisolante/fonoassorbente per la realizzazione di partizioni interne verticali e orizzontali e assemblare tali parti strutturali in modo da evitare i ponti acustici e la trasmissione sonora laterale.

Minimizzare i rumori da calpestio realizzando pavimenti galleggianti mediante l'uso di materiali elastici interposti tra la struttura portante e il massetto sul quale viene posata la finitura superficiale. Assicurare la completa disgiunzione del massetto e della pavimentazione dalle strutture limitrofe.

Utilizzare accorgimenti tecnici finalizzati ad isolare acusticamente gli impianti (sistemi di riscaldamento, ventilazione, idrosanitari, reti idriche e fognarie, ecc.). A tal proposito:

- impiegare componenti impiantistici certificati sotto il profilo acustico;
- posizionare i bagni non adiacenti a locali che necessitano maggiore quiete;
- interporre materiale fonoisolante tra scarichi fognari e strutture murarie;
- inserire giunti elastici tra le tubazioni e le apparecchiature che generano vibrazioni.

Curare il riverbero degli ambienti interni in relazione alla destinazione d'uso dei locali.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Strumenti di verifica

- Documentazione previsionale del clima ed impatto acustico resa secondo quanto previsto dalla normativa di settore.
- Fornitura di una relazione recante gli accorgimenti tecnici adottati per il raggiungimento dei requisiti acustici passivi dell'edificio, in accordo con quanto prescritto dal DPCM del 5 dicembre 1997 e ss.mm.ii.

Approfondimenti

In edilizia, riveste un ruolo importante la progettazione degli elementi e delle misure volte alla riduzione dell'esposizione degli occupanti al rumore, sia derivante da sorgenti esterne (es. rumore ambientale e da attività antropiche), sia da sorgenti interne (es. presenza di altre persone nella stessa unità abitativa o nei locali limitrofi, funzionamento di impianti in continuo o discontinuo, ecc.).

Nella progettazione acustica edilizia ed in particolare nell'ottimizzazione del suono propagato nei locali e nella protezione dal rumore, vengono spesso citate le proprietà di *fonoisolamento* e *fonoassorbimento* dei materiali da costruzione. Di seguito si richiamano brevemente tali concetti.

Il *fonoassorbimento* può essere definito come la capacità di un materiale di trattenere una parte del suono che lo investe, espresso comunemente attraverso il *coefficiente di assorbimento acustico* – definito dal rapporto tra la somma dell'energia sonora assorbita e trasmessa rispetto all'energia sonora incidente – variabile in funzione della frequenza dell'onda sonora. Il controllo delle caratteristiche acustiche di un ambiente e la riduzione degli effetti indesiderati di risonanza che riducono il comfort acustico viene effettuato aumentando l'assorbimento acustico delle superfici che lo delimitano ed eventualmente variandone la geometria e/o la conformazione. I materiali fonoassorbenti più comuni sono quelli porosi che presentano una struttura caratterizzata da cavità che dissipano l'energia acustica incidente attraverso fenomeni di attrito⁸². Pertanto, in acustica, quando si parla di *assorbimento*, ci si riferisce al controllo qualitativo del suono in un ambiente (tempo di riverberazione, livello di riverberazione, propagazione), mentre il concetto di *isolamento* è riferito al controllo del passaggio del suono tra due ambienti.

Il *fonoisolamento* è definito come la capacità di un materiale di riflettere l'energia acustica che riceve e tale proprietà, in via generale, è tanto maggiore quanto maggiore è la massa per unità di superficie del materiale fonoisolante.

I rumori possono essere generati dagli urti diretti sulla struttura dell'edificio e, in tal caso, vengono comunemente identificati con la denominazione di "rumori di calpestio" poiché il calpestio, per l'appunto, è la causa più frequente che si riscontra negli edifici e interessa i solai di separazione tra i piani dello stesso stabile. Le tecniche maggiormente diffuse per la riduzione del rumore di calpestio prevedono le seguenti soluzioni (Figura 4.3):

- posa di materiali che assorbono l'energia d'urto al momento dell'impatto (es. moquette), interposti tra il corpo che produce l'impatto ed il solaio (Figura 4.3a);
- realizzazione di pavimenti galleggianti, ossia solai in cui viene interrotta la continuità della struttura con l'impiego di materiali elastici in grado di smorzare le vibrazioni (Figura 4.3b);
- posa di pannelli sospesi nell'intradosso del solaio, fissati con ganci anti vibranti e contropareti leggere (Figura 4.3c).

⁸² Assorbimento e isolamento acustico negli edifici. C. Martorana et al. 2006. Maggioli editore.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

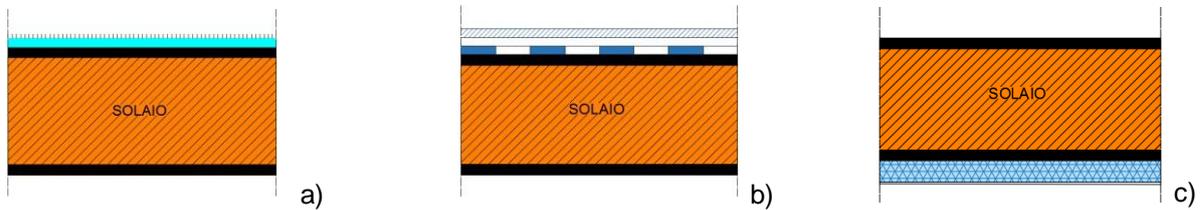


Figura 4.3: soluzioni tecniche per la riduzione dei rumori di calpestio.

Inoltre, il rumore può propagarsi in aria e, quando viene investito un ostacolo, come ad esempio una parete o un solaio, questo elemento strutturale viene sollecitato dall'onda sonora e una parte del rumore viene trasmesso. L'entità della riduzione del rumore trasmesso da una parte all'altra della parete viene chiamato *potere fonoisolante* (R_w) e rappresenta la differenza di livello del rumore, misurata in dB, che la parete è in grado di determinare fra la camera dove si genera il rumore e quella ricevente o disturbata. L'isolamento acustico delle pareti può essere effettuato adottando diverse tecniche che, ad esempio, prevedono la costruzione di pareti doppie separate da un'intercapedine in cui è alloggiato il materiale fonoisolante (Figura 4.4a) o la posa sulla superficie muraria di un pannello in gesso accoppiato ad uno strato di materiale isolante (Figura 4.4b). Quest'ultima soluzione è spesso utilizzata per isolare pareti di edifici esistenti e dunque per effettuare una correzione acustica ad edificio ormai ultimato.

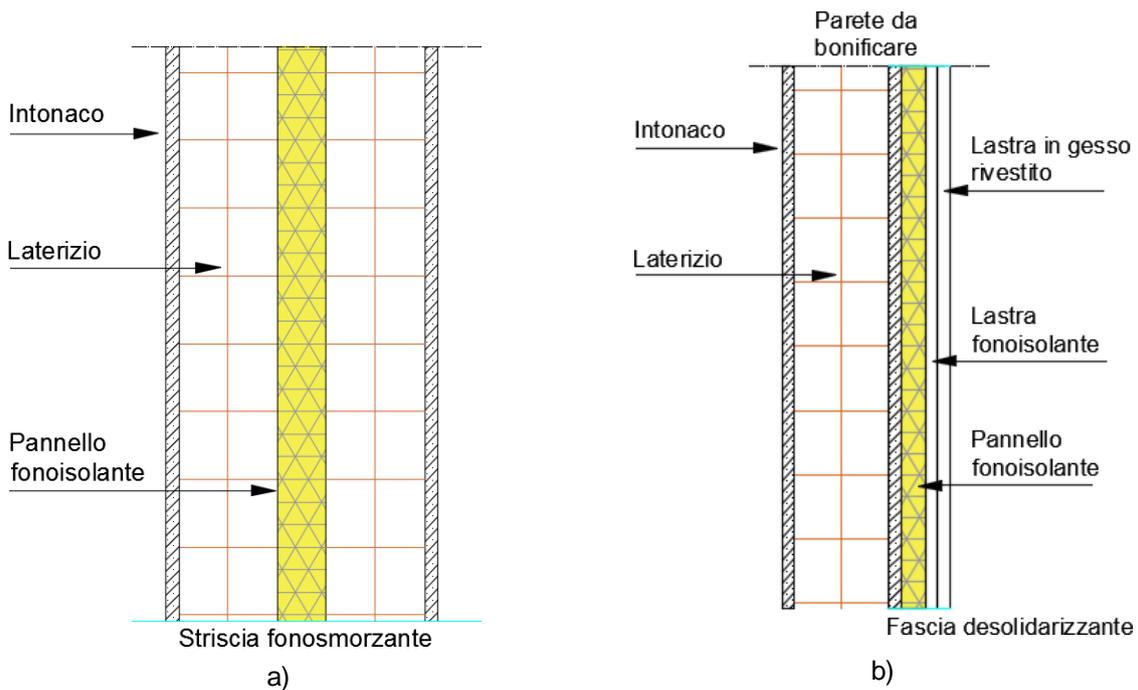


Figura 4.4: tecniche di isolamento acustico di pareti per nuove costruzioni (a) e pareti esistenti (b).

In edilizia, il rumore può essere generato dagli impianti a funzionamento continuo (es. impianti di riscaldamento, condizionamento, aerazione) e discontinuo (es. ascensori, bagni, scarichi idraulici, rubinetteria, ecc.). Per quanto concerne l'impianto idraulico, è buona norma effettuare l'interruzione, a distanze regolari, delle condotte idriche con giunti elastici la cui funzione è ridurre le vibrazioni indotte dall'acqua in transito. Le colonne montanti devono essere possibilmente installate su elementi costruttivi pesanti, in prossimità degli angoli dei locali ed evitando punti di contatto tra i tubi e la componente strutturale dell'edificio (es. muri, pilatri, travi, ecc.). In corrispondenza di curve a gomito, in cui le turbolenze dell'acqua possono generare rumori, è opportuno utilizzare appositi collari dotati di guarnizioni elastiche. Infine, senza entrare nel merito, sono numerose le misure conosciute per attenuare le vibrazioni prodotte dagli impianti a servizio dell'edificio (impianti elettrici, impianti di condizionamento, autoclavi, ecc.).



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

In Italia, il documento normativo di riferimento per l'acustica in edilizia è il DPCM 5/12/1997 recante *Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici*, che, in attuazione della Legge n. 447 del 26 ottobre 1995 (Legge quadro sull'inquinamento acustico) - successivamente modificata dall'entrata in vigore del D.Lgs. n. 42 del 17.02.2017 (*Disposizioni in materia di armonizzazione della normativa nazionale in materia di inquinamento acustico, a norma dell'articolo 19, comma 2, lettere a), b), c), d), e), f) e h) della legge 30 ottobre 2014, n. 161*) - determina i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici ed i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera, al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore.

La finalità del DPCM 5/12/1997 è quella di fissare dei parametri orientati a garantire il comfort acustico all'interno degli edifici civili, senza entrare in merito alle caratteristiche delle sorgenti sonore. Quest'ultimo aspetto, infatti, viene disciplinato dal DPCM 14/11/1997 recante *Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore*, nel quale vengono fissati i valori massimi di immissione ed emissione delle sorgenti sonore. Il DPCM 5/12/97 si applica a tutti gli edifici in cui il rilascio della *concessione edilizia* è avvenuto dopo il 20 febbraio 1998 (data di entrata in vigore del Decreto). Rientrano nel campo di applicazione del suddetto Decreto gli edifici sottoposti a ristrutturazione totale, ovvero sottoposti ad un insieme sistematico di interventi di demolizione e nuova edificazione.

Il Decreto in esame suddivide gli ambienti abitativi nelle seguenti 7 categorie (Tabella A - Classificazioni, degli ambienti abitativi (art. 2)):

- categoria A: edifici adibiti a residenza o assimilabili;
- categoria B: edifici adibiti ad uffici e assimilabili;
- categoria C: edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili;
- categoria D: edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili;
- categoria E: edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;
- categoria F: edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili;
- categoria G: edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili.

Per ogni categoria abitativa vengono definiti dei limiti per le grandezze che caratterizzano i requisiti acustici passivi degli edifici e in particolare:

- R'_w : indice del potere fonoisolante apparente di partizioni, sia orizzontali che verticali, fra ambienti;
- $D_{2m,nT,W}$: indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata;
- L'_{nW} : indice del livello di rumore di calpestio di solai normalizzato;
- L_{ASmax} : livello massimo di pressione sonora ponderato A, emesso dagli impianti a funzionamento discontinuo quali ascensori, scarichi idraulici, servizi igienici e rubinetteria;
- L_{Aeq} : livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A, emesso dagli impianti a funzionamento continuo, quali impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento.

Di seguito sono riassunti, per ogni categoria di edificio, i valori minimi delle prestazioni che devono essere garantite in opera dalle strutture e impianti interessati.

Categoria	R'_w [dB]	$D_{2m,nT,W}$ [dB]	L'_{nW} [dB]	L_{ASmax} [dB]	L_{Aeq} [dB]
D	55	45	58	35	25
A, C	50	40	63	35	35
E	50	48	58	35	25
B, F, G	50	42	55	35	35

Tabella 4.5: requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici (Tabella B, Allegato A, DPCM 5/12/1997).



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

I limiti precedentemente riportati rappresentano i vincoli da rispettare durante le misurazioni in opera, ossia ad edificio già realizzato e possono essere determinati attraverso procedure indicate nelle norme tecniche di riferimento, tra cui si citano:

- UNI EN ISO 16283-1 “Acustica - Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 1: Isolamento acustico per via aerea”;
- ISO 717-1 “Acustica - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Isolamento di rumori aerei”;
- UNI EN ISO 717-2 “Acustica - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 2: Isolamento dal rumore di calpestio”;

Con la pubblicazione della norma UNI 11367 “Acustica in edilizia – Classificazione acustica delle unità immobiliari – Procedura di valutazione e verifica in opera”, avvenuta il 22 luglio 2010, è stata proposta una scala di valutazione articolata in classi di qualità, sia per singoli requisiti acustici che a livello di intera unità immobiliare. I requisiti valutati e le tecniche di valutazione sono in continuità con quelli introdotti dal D.P.C.M. 5-12-1997. La UNI 11367 prevede quattro classi acustiche: I, II, III, IV, secondo la seguente tabella:

Classe acustica	$D_{2m,nT,W}$ [dB]	R'_w [dB]	L'_{nW} [dB]	L_{Aeq} [dB]	L_{ASmax} [dB]
I	≥ 43	≥ 56	≤ 53	≤ 25	≤ 30
II	≥ 40	≥ 53	≤ 58	≤ 28	≤ 33
III	≥ 37	≥ 50	≤ 63	≤ 32	≤ 37
IV	≥ 32	≥ 45	≤ 68	≤ 37	≤ 42

Tabella 4.6: requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici (UNI 11367).

La “classe acustica globale” si determina mediando tra loro le singole classi.

Si precisa che, mentre i limiti del DPCM 5/12/1997 di cui alla Tabella 4.5 sono riferiti ai singoli elementi tecnici (la singola parete, la singola facciata, ecc.), i valori limite delle classi acustiche introdotte dalla UNI 11367 riguardano una “prestazione media” dell'intera unità immobiliare.

La UNI 11367 oltre alle Classi acustiche identifica:

- i valori di riferimento “di base” o “superiori” per Scuole e Ospedali, edifici che non possono essere classificati acusticamente (Appendice A);
- i requisiti di isolamento tra ambienti di uso comune e ambienti abitativi (Appendice B);
- indicazioni per valutare la “qualità acustica interna degli ambienti”: tempo di riverbero e altri descrittori acustici (Appendice C).

Fino a quando la norma UNI 11367 non verrà recepita in un nuovo testo di legge, la sua applicazione è facoltativa.

Nell'ambito degli interventi di edilizia pubblica, il Decreto Ministeriale 23 giugno 2022 specifica, tra l'altro, che i valori prestazionali dei requisiti acustici passivi dei singoli elementi tecnici dell'edificio, partizioni orizzontali e verticali, facciate, impianti tecnici, definiti dalla norma UNI 11367 devono corrispondere almeno a quelli della classe II del prospetto 1 di tale norma. I singoli elementi tecnici di ospedali e case di cura devono soddisfare il livello di “prestazione superiore” riportato nel prospetto A.1 dell'Appendice A di tale norma e devono rispettare, inoltre, i valori caratterizzati come “prestazione buona” nel prospetto B.1 dell'Appendice B di tale norma. Le scuole devono soddisfare almeno i valori di riferimento dei requisiti acustici passivi e di comfort acustico interno indicati nella UNI 11532-2. Gli ambienti interni, ad esclusione delle scuole, rispettano i valori indicati nell'appendice C della UNI 11367.

Per una valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi in fase progettuale sono state emanate alcune norme tecniche contenenti i metodi di calcolo dei parametri di isolamento acustico sopra descritti. Tra queste si citano:



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

- UNI EN ISO 12354-1: “*Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti - Parte 1: Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti*”;
- UNI EN ISO 12354-2 “*Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti - Parte 2: Isolamento acustico al calpestio tra ambienti*”;
- UNI EN ISO 12354-3 “*Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti - Parte 3: Isolamento acustico dal rumore proveniente dall'esterno per via aerea*”;
- UNI EN ISO 12354-4 “*Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti - Parte 4: Trasmissione del rumore interno all'esterno*”;
- UNI EN ISO 12354-5 “*Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Parte 5: Livelli sonori dovuti agli impianti tecnici*”;
- UNI 11175-1 “*Linee guida per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici - Parte 1: Applicazione delle norme tecniche alla tipologia costruttiva nazionale*”;
- UNI 11175-2 “*Acustica in edilizia - Linee guida per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici - Parte 2: dati di ingresso per il modello di calcolo*”;

Alle sopra citate norme UNI 11367, UNI EN 12354 e UNI 11175 fa riferimento anche la Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.2019. In particolare, per quanto concerne la qualità dell'ambiente indoor e, più specificatamente, la qualità acustica dell'edificio, è presente il criterio di valutazione D.4.1 “Benessere acustico” nel quale, per il calcolo dell'indice prestazionale, si fa riferimento ai requisiti acustici passivi finora esposti.

A titolo di esempio, di seguito si riporta la scheda estratto della Prassi di Riferimento UNI/Pdr 13.1:2019 relativa agli edifici residenziali.



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

SCHEDA CRITERIO D.5.6 – QUALITÀ ACUSTICA DELL'EDIFICIO

QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR		NUOVA COSTRUZIONE RISTRUTTURAZIONE	D.5.6
Benessere acustico			
Qualità acustica dell'edificio			
AREA DI VALUTAZIONE		CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor		D.5 Benessere acustico	
ESIGENZA		PESO DEL CRITERIO	
Protezione dai rumori esterni ed interni all'edificio.		nella categoria	nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE		UNITA' DI MISURA	
Classe acustica globale dell'edificio.		-	
SCALA DI PRESTAZIONE			
			PUNTI
NEGATIVO	classe acustica globale IV		-1
SUFFICIENTE	classe acustica globale III		0
BUONO	classe acustica globale II		3
OTTIMO	classe acustica globale I		5

Metodo e strumenti di verifica

1. Calcolare, per ciascuna unità immobiliare, i requisiti acustici (pertinenti all'unità immobiliare considerata) del prospetto 1 punto 6.1. della UNI 11367, applicando il modello di calcolo definito nella UNI EN 12354 e UNI/TR 11175.

Calcolare, per ciascuna unità immobiliare, i requisiti acustici (pertinenti all'unità immobiliare considerata) del prospetto 1 punto 6.1. della norma UNI 11367, applicando il modello di calcolo definito nella UNI EN 12354 e UNI/TR 11175 e in particolare:

- Indice di valutazione dell'isolamento di facciata $D_{2m,nT,w}$: UNI/TR 11175 – UNI EN 12354-3
- Indice di valutazione del potere fonisolante apparente R'_w : UNI/TR 11175 – UNI EN 12354-1
- Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato $L'_{n,w}$: UNI/TR 11175 – UNI EN 12354-2
- Livello di rumore immesso da impianti tecnologici L_{Aeq} e L_{A8max} : UNI/TR 11175 – UNI EN 12354-5

Nota 1 Qualora gli edifici fossero composti da un'unica unità immobiliare non devono essere valutati l'indice di valutazione del potere fonisolante apparente di partizioni orizzontali e verticali tra ambienti di differenti unità immobiliari R'_w e l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari $L'_{n,w}$.

INDICE DI VALUTAZIONE DELL'ISOLAMENTO DI FACCIATA

Calcolare per ciascun ambiente dell'unità immobiliare l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$ applicando la formula seguente, definita nelle UNI EN 12354-3 e UNI/TR 11175, ovvero:



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR

NUOVA COSTRUZIONE
RISTRUTTURAZIONE

D.5.6

Benessere acustico

Qualità acustica dell'edificio

$$D_{2m,nT,w} = R'_w + \Delta L_w + 10 \lg \left[\frac{V}{6 \cdot T_0 \cdot S} \right] \quad (1)$$

dove:

- R'_w = indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di facciata, [dB];
 ΔL_w = differenza di livello per forma di facciata, [dB];
 V = volume ambiente ricevente, [m³];
 T_0 = tempo di riverberazione di riferimento, [s];
 S = area totale della facciata, [m²].

Calcolare per ciascun ambiente dell'unità immobiliare il valore utile dell'isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nT,w,u}$, con la seguente formula:

$$D_{2m,nT,w,u} = D_{2m,nT,w} - U_m \quad (2)$$

dove:

- $D_{2m,nT,w}$ = indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di facciata ottenuto dalla formula (1), [dB];
 U_m = incertezza estesa del metodo, [-];

$$U_m = k \cdot s_m \quad (3)$$

dove:

- k = fattore di copertura pari a 1 per un livello di fiducia per test monolaterale di circa l'84%, [-];
 s_m = scarto tipo pari a 1,5 dB secondo la UNI EN 12354-3, [-].

Calcolare per ciascuna unità immobiliare il valore utile dell'isolamento acustico di facciata con la seguente formula (media ponderata dei valori utili relativi alle facciate degli ambienti costituenti l'unità immobiliare):

$$D_{2m,nT,w,utot} = -10 \lg \frac{\sum_{i=1}^n 10^{\frac{-D_{2m,nT,w,ui}}{10}}}{n} \quad (4)$$

dove:

- $D_{2m,nT,w,utot}$ = valore utile dell'isolamento acustico di facciata per l'intera unità immobiliare, [dB];
 $D_{2m,nT,w,ui}$ = valore utile dell'isolamento acustico di facciata dell' i -esima facciata dell'ambiente considerato, [dB];
 n = numero delle facciate degli ambienti esaminati, [-].

Utilizzare $D_{2m,nT,w,utot}$ per la comparazione con i valori limite della classificazione acustica della UNI 11367.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR

NUOVA COSTRUZIONE
RISTRUTTURAZIONE

D.5.6

Benessere acustico

Qualità acustica dell'edificio

INDICE DI VALUTAZIONE DEL POTERE FONISOLANTE APPARENTE DI PARTIZIONI VERTICALI E ORIZZONTALI FRA DIFFERENTI UNITÀ IMMOBILIARI

Calcolare per ciascuna partizione verticale e orizzontale tra due diverse unità immobiliari l'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente R'_{w} applicando la formula seguente definita nelle UNI EN 12354-1 e UNI/TR 11175, ovvero:

$$R'_{w} = -10 \lg \left(10^{\frac{-R_{Dd,w}}{10}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{\frac{-R_{Ff,w}}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{\frac{-R_{Df,w}}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{\frac{-R_{Ff,w}}{10}} \right) \quad (5)$$

dove:

- n = numero degli elementi laterali rispetto alla partizione di separazione, [-];
- D = percorso sonoro attraverso la partizione di separazione dal lato sorgente, [-];
- D = percorso sonoro attraverso la partizione di separazione dal lato ricevente, [-];
- F = percorso sonoro attraverso la partizione laterale dell'ambiente sorgente, [-];
- f = percorso sonoro attraverso la partizione laterale dell'ambiente ricevente, [-];
- $R_{i,j,w}$ = indice di valutazione del potere fonoisolante di ogni singolo percorso di trasmissione sonora, [dB] (i simboli i e j generalizzano i simboli D, d, F e f).

Calcolare per ciascuna partizione verticale e orizzontale tra due diverse unità immobiliari il valore utile del potere fonoisolante apparente $R'_{w,u}$, con la seguente formula:

$$R'_{w,u} = R'_{w} - U_m \quad (6)$$

dove:

- R'_{w} = indice di valutazione del potere fonoisolante apparente della partizione ottenuto con la formula (5), [dB];
- U_m = incertezza estesa del metodo, [-];

$$U_m = k \cdot s_m \quad (7)$$

dove:

- k = fattore di copertura pari a 1 per un livello di fiducia per test monolaterale di circa l'84%, [-];
- s_m = scarto tipo pari a 2 dB secondo la norma UNI EN 12354-1, [-].

Calcolare il valore utile del potere fonoisolante apparente totale $R'_{w,u,tot}$ dell'unità immobiliare eseguendo la media ponderata con la seguente formula:

$$R'_{w,u,tot} = -10 \lg \frac{10^{\frac{-R'_{w,u,vert,tot}}{10}} + 10^{\frac{-R'_{w,u,or,tot}}{10}}}{2} \quad (8)$$

dove:

- $R'_{w,u,vert,tot}$ = valore utile dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente mediato energeticamente tra tutte le partizioni verticali tra due diverse unità immobiliari, [dB];
- $R'_{w,u,or,tot}$ = valore utile dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente mediato energeticamente tra tutte le partizioni orizzontali tra due diverse unità immobiliari, [dB].

Utilizzare $R'_{w,u,tot}$ per la comparazione con i valori limite della classificazione acustica della UNI 11367.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR

NUOVA COSTRUZIONE
RISTRUTTURAZIONE

D.5.6

Benessere acustico

Qualità acustica dell'edificio

INDICE DI VALUTAZIONE DEL LIVELLO DI PRESSIONE SONORA DI CALPESTIO NORMALIZZATO FRA DIFFERENTI UNITÀ IMMOBILIARI

Calcolare per ciascuna partizione orizzontale tra due diverse unità immobiliari l'indice del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato $L'_{n,w}$ applicando la formula seguente definita nelle UNI EN 12354-2 e UNI/TR 11175, ovvero:

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L_w + k \quad (9)$$

dove:

$L_{n,w,eq}$ = indice di valutazione del livello equivalente di pressione sonora di calpestio normalizzato relativo al solaio nudo privo di rivestimento, [dB];

ΔL_w = indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio del rivestimento, [dB].

k = correzione dovuta trasmissione laterale nelle strutture omogenee in dB, [dB].

Calcolare per ciascuna partizione orizzontale tra due diverse unità immobiliari il valore utile del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato $L'_{n,w,u}$ con la seguente formula:

$$L'_{n,w,u} = L'_{n,w} + U_m \quad (10)$$

dove:

$L'_{n,w}$ = indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato [dB];

U_m = incertezza estesa del metodo.

$$U_m = k \cdot s_m \quad (11)$$

dove:

k = fattore di copertura pari a 1 per un livello di fiducia per test monolaterale di circa l'84%, [-];

s_m = scarto tipo pari a 2 dB secondo la UNI EN 12354-2, [-].

Calcolare il valore utile del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato $L'_{n,w,util}$ dell'unità immobiliare eseguendo la media ponderata con la seguente formula:

$$L'_{n,w,util} = 10 \lg \frac{\sum_{i=1}^n 10^{\frac{L'_{n,w,util}}{10}}}{n} \quad (12)$$

dove:

$L'_{n,w,util}$ = valore utile del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato per l'i-esima partizione orizzontale considerata V , [dB];

n = numero delle partizioni orizzontali considerate, [-].

Utilizzare $L'_{n,w,util}$ per la comparazione con i valori limite della classificazione acustica della UNI 11367.

LIVELLO DI PRESSIONE SONORA IMMESSO DA IMPIANTI TECNOLOGICI

Per il requisito "livello di pressione sonora immesso da impianti tecnologici" il calcolo di L_{Aeq} , L_{A90max} rimane in sospeso fino a quando la metodologia di calcolo degli stessi, descritta nella UNI EN 12354-5 non viene consolidata.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR

NUOVA COSTRUZIONE
RISTRUTTURAZIONE

D.5.6

Benessere acustico

Qualità acustica dell'edificio

2. Calcolare, per ciascun requisito acustico, la classe dell'unità immobiliare secondo il prospetto 1 punto 6.1 della UNI 11367.

Confrontare i valori dei descrittori calcolati al punto 1. con i valori di riferimento del prospetto seguente (dal prospetto 1 del punto 6.1 della UNI 11367) e definire la classe per requisito dell'unità immobiliare:

Classe	Indici di valutazione				
	Isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$	Potere fonoisolante apparente di partizioni $R'w$	Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato L'_{nw}	Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo L_{ic}	Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo L_{id}
I	≥ 43	≥ 56	≤ 53	≤ 25	≤ 30
II	≥ 40	≥ 53	≤ 58	≤ 28	≤ 33
III	≥ 37	≥ 50	≤ 63	≤ 32	≤ 37
IV	≥ 32	≥ 45	≤ 68	≤ 37	≤ 42

Tabella D.5.6.a – Prospetto 1 punto 6.1 norma UNI 11367.

3. Calcolare la classe acustica globale dell'unità immobiliare C_{U1} , secondo la procedura descritta al punto 6.4 della UNI 11367.

Stabilire per ogni requisito dell'unità immobiliare la corrispondenza tra la classe di prestazione acustica individuata al punto 2 e il coefficiente di peso Z secondo il seguente prospetto (prospetto 3 del punto 6.4 della UNI 11367):

Classe	I	II	III	IV	Prestazioni fino a 5 dB(dB(A)) peggiori rispetto alla classe IV	Prestazioni per più di 5 dB(dB(A)) peggiori rispetto alla classe IV
Coefficiente Z	1	2	3	4	5	10

Tabella D.5.6.b – Prospetto 3 punto 6.4 UNI 11367.

Calcolare il valore Z_{U1} secondo la seguente formula e arrotondando il risultato all'intero più vicino:

$$Z_{U1} = \frac{\sum_{r=1}^P Z_r}{P} \quad (13)$$

dove:

P = numero di requisiti r considerati per unità immobiliare, [-];

Z_r = valore del coefficiente di peso relativo all' r -esimo requisito, con $r=1, \dots, P$, [-];

Determinare la classe acustica C_{U1} dell'unità immobiliare in funzione del valore Z_{U1} calcolato:

$C_{U1} = Z_{U1}$

Nota 2 Nel caso in cui C_{U1} risultasse maggiore di 4 l'unità immobiliare risulta non classificata (NC).

4. Individuare lo scenario che meglio descrive le caratteristiche dell'edificio e attribuire il punteggio (moda dei punteggi ottenuti).



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR

NUOVA COSTRUZIONE
RISTRUTTURAZIONE

D.5.6

Benessere acustico

Qualità acustica dell'edificio

Calcolare, per ciascuna unità immobiliare, il punteggio confrontando la classe acustica ottenuta con gli scenari della scala prestazionale;

Individuare la classe acustica globale dell'edificio calcolando la moda dei punteggi ottenuti.



4.3 Riduzione dell'esposizione ai campi elettromagnetici ad alta (CEM-RF) e bassa (CEM-ELF) frequenza

Impatti ambientali e sanitari

Le onde elettromagnetiche sono un fenomeno fisico attraverso il quale l'energia elettromagnetica può trasferirsi da un luogo all'altro per propagazione. Tale fenomeno di trasferimento di energia può avvenire nello spazio libero (via etere), oppure può essere confinato e facilitato utilizzando appropriate linee di trasmissione (guide d'onda, cavi coassiali, ecc.). Le onde elettromagnetiche, sono fenomeni oscillatori e sono costituite da due grandezze che variano periodicamente nel tempo: il campo elettrico ed il campo magnetico.

Il campo elettrico E si definisce come una proprietà o perturbazione dello spazio, prodotta dalla presenza di cariche elettriche, positive o negative. L'intensità del campo elettrico si misura in *Volt per metro* (V/m). Qualsiasi conduttore elettrico produce un campo elettrico associato, che esiste anche quando nel conduttore non scorre alcuna corrente. Più alta è la tensione, più intenso è il campo ad una certa distanza dal conduttore; mentre per una data tensione l'intensità diminuisce al crescere della distanza. I campi elettrici esistono indipendentemente dal fatto che un dispositivo elettrico sia acceso o spento. Esistono materiali conduttori come i metalli, e materiali con proprietà schermanti come quelli edili e il legname.

Il campo magnetico H può essere definito come una proprietà o perturbazione dello spazio prodotta dal movimento delle cariche elettriche ossia dalla presenza di correnti elettriche oppure da magneti permanenti (calamite). L'intensità del campo magnetico si esprime in *Ampère per metro* (A/m), anche se solitamente si preferisce riferirsi ad una grandezza correlata, la densità di flusso magnetico o induzione magnetica B , misurata in *microtesla* (μT). Il campo magnetico viene generato soltanto quando viene acceso un apparecchio elettrico e quindi scorre corrente. La sua intensità dipende proporzionalmente dall'intensità della corrente elettrica. I campi magnetici sono più intensi in prossimità della sorgente e diminuiscono rapidamente all'aumentare della distanza, inoltre non sono schermati dai materiali comuni, come le pareti degli edifici.

Un campo elettrico variabile nel tempo genera, in direzione perpendicolare a sé stesso, un campo magnetico, anch'esso variabile, che a sua volta influisce sul campo elettrico stesso. Questi campi concatenati determinano nello spazio la propagazione di un campo elettromagnetico (CEM), che a una certa distanza dalla sorgente, cioè in condizioni di campo lontano, presenta campo elettrico e campo magnetico ortogonali tra loro e trasversali rispetto alla direzione di propagazione (onda elettromagnetica piana), come mostrato nella Figura 4.5.

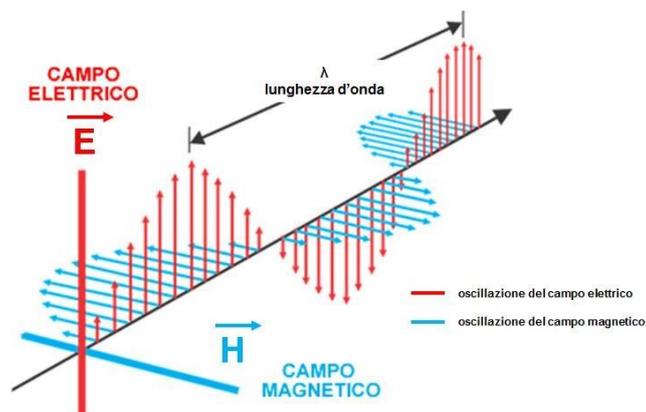


Figura 4.5: rappresentazione del campo elettromagnetico.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Electromagnetic Spectrum

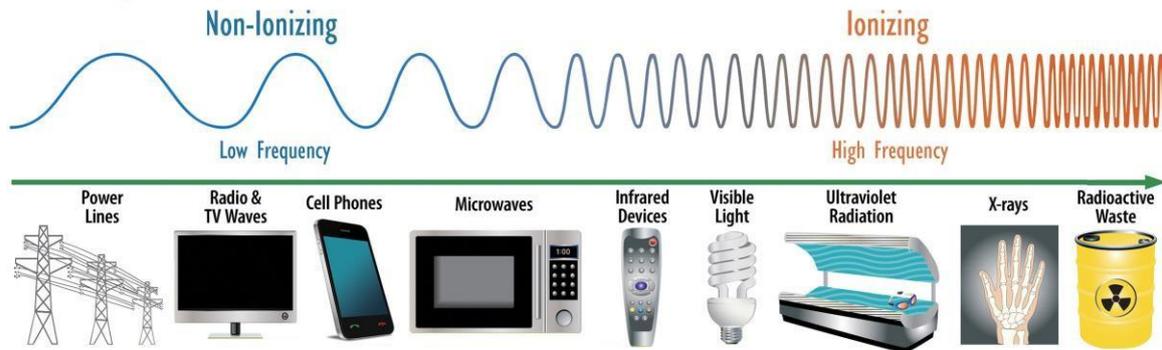


Figura 4.6: spettro delle frequenze dei campi elettromagnetici. Fonte: NIEHS⁸³

Le principali caratteristiche delle onde elettromagnetiche dipendono da una loro proprietà fondamentale: la frequenza f , ossia il numero di oscillazioni compiute in un secondo. Tale grandezza si misura in cicli al secondo o *Hertz* (Hz) e relativi multipli e sottomultipli.

Strettamente connessa con la frequenza è la lunghezza d'onda λ , che è la distanza percorsa dall'onda durante un tempo di oscillazione e corrisponde alla distanza tra due massimi o due minimi dell'onda (l'unità di misura è il metro con relativi multipli e sottomultipli).

Frequenza e lunghezza d'onda, oltre ad essere tra loro legate, sono a loro volta connesse con l'energia E trasportata dall'onda. Infatti, l'energia associata alla radiazione elettromagnetica è direttamente proporzionale alla frequenza dell'onda, maggiore è la frequenza, maggiore è l'energia trasportata dall'onda. L'energia elettromagnetica trasportata dall'onda nell'unità di tempo per unità di superficie si definisce densità di potenza S e si esprime in *Watt su metro quadro* (W/m^2).

Quando un'onda elettromagnetica incontra un ostacolo penetra nella materia e deposita la propria energia producendo una serie di effetti diversi a seconda della sua frequenza. Dai meccanismi di interazione delle radiazioni con la materia dipendono gli effetti e quindi i rischi potenziali per la salute umana.

L'insieme di tutte le possibili onde elettromagnetiche, in funzione della frequenza e della lunghezza d'onda, costituisce lo spettro elettromagnetico. Lo spettro elettromagnetico viene infatti tradizionalmente diviso in due sezioni: una detta *ionizzante* (Ionizing Radiation o IR), comprendente raggi X e gamma, dotati di energia sufficiente per ionizzare direttamente o indirettamente atomi e molecole, vale a dire in grado di rompere i legami atomici o molecolari; e una *non ionizzante* (Non Ionizing Radiation o sinteticamente NIR), il cui meccanismo primario di interazione con la materia non è quello della ionizzazione. Quest'ultima viene a sua volta suddivisa, in funzione della frequenza, in una sezione *ottica* (300 GHz - 3×10^4 THz) che include le radiazioni ultraviolette, la luce visibile e la radiazione infrarossa e in una sezione *non ottica* (0 Hz - 300 GHz).

La sezione *non ottica* dello spettro elettromagnetico, oggetto del presente capitolo, comprende i seguenti tipi di campi elettromagnetici:

- CEM a frequenza estremamente bassa (ELF, *Extremely Low Frequency*), con frequenze fino a 300 Hz, comprendenti la frequenza di 50 Hz con cui è distribuita l'energia elettrica nelle nostre case, generati da sorgenti localizzate, quali linee ad alta e media tensione (aeree o interrate), cabine di trasformazione e sottostazioni elettriche o ancora sorgenti puntuali come elettrodomestici in funzione e da ogni dispositivo alimentato da rete;
- CEM a frequenza intermedia (IF, *Intermediate Frequency*), con frequenze comprese tra 300 Hz e 10 MHz, generati ad esempio dai videoterminali, sistemi di videosorveglianza, dispositivi anti-taccheggio e sistemi di sicurezza;
- CEM ad alta frequenza o a radiofrequenza (RF, *Radio Frequency*) e microonde, con frequenze comprese tra 10 MHz a 300 GHz, generati da sorgenti localizzate, quali stazioni radio base (SRB) per

⁸³ NIEHS (National Institute of Environmental Health Sciences). Electric & Magnetic Fields.
<https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/emf/>



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

telefonia mobile, impianti di tele/radio-comunicazioni, sistemi di trasmissione wireless (wi-fi), televisione, radar e forni a microonde.

Nel caso in cui la frequenza sia pari a 0 Hz si parla di campi elettrici e magnetici statici.

Per quanto sopra, il funzionamento dei comuni apparecchi elettrici (asciugacapelli, televisore, forno elettrico, computer, stampante, ecc.) generano un campo magnetico quando questi sono attivi, e il CEM generato risulta più intenso in prossimità del dispositivo e via via meno intenso all'aumentare della distanza dal medesimo. La tabella seguente riporta i valori medi dei campi magnetici generati da alcuni comuni elettrodomestici in relazione alla distanza tra dispositivo e rilevatore del campo.

Apparecchio elettrico	Campo magnetico a 3 cm di distanza (µT)	Campo magnetico a 30 cm di distanza (µT)	Campo magnetico a 1 m di distanza (µT)
Asciugacapelli	6 – 2000	0.01 – 7	0.01 – 0.03
Forno elettrico	1 – 50	0.15 – 0.5	0.01 – 0.04
Forno a microonde	73 - 200	4 – 8	0.25 – 0.6
Lavatrice	0.8 – 50	0.15 – 3	0.01 – 0.15
Computer	0.5 - 30	<0.01	-
TV a colori	2.5 - 50	2	0.01 – 0.15

Tabella 4.7: valori di campo magnetico generati da alcuni elettrodomestici di uso comune in relazione alla distanza dal dispositivo. Fonte: Ufficio Federale per la Sicurezza delle Radiazioni, Germania 1999. µT= micro tesla, ossia 10⁻⁶ tesla.

Tipo di CEM	Frequenza	Fonte
CEM a bassa frequenza <i>ELF (Extremely Low Frequency)</i>	< 300 Hz	Elettrodotti ed apparecchi elettrodomestici
CEM a frequenza intermedia <i>IF (Intermediate Frequency)</i>	≥ 300 Hz ÷ < 10 MHz	Monitor di PC, dispositivi antitaccheggio, sistemi di allarme, ecc.
CEM ad alta frequenza <i>RF (Radio Frequency)</i>	≥ 10 MHz ÷ ≤300 MHz	Ripetitori radio e tv, stazioni radio base per telefonia mobile, cellulari, forni a microonde

Tabella 4.8: tipologie di campi elettromagnetici.

Negli ultimi anni lo sviluppo tecnologico ha accentuato la diffusione dei CEM in ambito urbano, con una forte eterogeneità delle tipologie di sorgenti emittenti, localizzate sia esternamente che internamente agli edifici (reti elettriche, elettrodomestici, computer, impianti elettrici industriali, SRB per la telefonia mobile, ecc.). Se da un lato il progresso tecnologico ha determinato un ausilio alle attività dell'uomo – anche sotto il profilo sanitario, ad esempio con l'introduzione di strumentazioni mediche sempre più efficienti per la diagnosi o la cura di malattie – dall'altro è aumentata fortemente l'esposizione della popolazione alle radiazioni elettromagnetiche generate dalle molteplici sorgenti presenti anche contemporaneamente in spazi circoscritti.

Al fine di monitorare la presenza di sorgenti elettromagnetiche fisse è stato istituito ai sensi dell'art. 8 della Legge Quadro del 22/02/2001, n. 36, con Deliberazione della Giunta Regionale n. 25/26 del 3 giugno 2004, il *Catasto Regionale degli impianti fissi che generano campi elettromagnetici*.

Il catasto contiene, per ciascun impianto, informazioni di carattere generale ed informazioni tecniche e georeferenziate e consente di visualizzare la distribuzione geografica delle sorgenti elettromagnetiche. Con l'utilizzo di appositi software è possibile, inoltre, formulare previsioni e simulazioni di impatto degli impianti anche in termini di controllo dei limiti di esposizione.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Il catasto, aggiornato con le comunicazioni dei gestori inerenti all'attivazione di nuovi impianti, o eventuali modifiche apportate a quelli esistenti, prevede il censimento delle seguenti tipologie di impianti:

- stazioni radio-base (Telefonia mobile);
- impianti di diffusione radio-TV;
- impianti amatoriali;
- impianti ponti-radio;
- impianti radar.

Nel territorio regionale è presente, inoltre, una rete regionale di monitoraggio in continuo dei campi elettromagnetici composta da centraline mobili e centri di controllo, attualmente gestita dai dipartimenti ARPAS, che si attiva su iniziativa di Enti pubblici (Regione, Comuni, ecc.) nonché su specifica richiesta di privati cittadini.

Al fine di dare ampia diffusione dei dati ambientali e rispettare il diritto di informazione dei cittadini, i dati delle misure effettuate dalle centraline di monitoraggio, nelle more dell'attivazione del Sistema Informativo Regionale Ambientale (SIRA), dovranno essere resi consultabili attraverso pubblicazioni ufficiali e reti telematiche.

Come sottolineato precedentemente, l'evoluzione delle tecnologie che costituiscono una parte importante della vita moderna ha comportato lo sviluppo di numerose sorgenti di campi elettromagnetici, rendendo l'esposizione ubiquitaria. Parallelamente, è aumentata la preoccupazione per gli eventuali rischi per la salute associati a tali esposizioni. Si è quindi intensificata la ricerca su eventuali effetti nocivi di esposizioni prolungate ma d'intensità inferiore ai livelli raccomandati per la protezione dagli effetti nocivi accertati. A differenza delle radiazioni ionizzanti e di quelle ottiche, la cui presenza in ambiente è dovuta in buona misura a sorgenti naturali, le RF e le ELF sono diffuse, soprattutto nei contesti urbani, quasi esclusivamente da sorgenti artificiali⁸⁴.

Riguardo alle politiche di prevenzione dei rischi da esposizione a campi elettromagnetici, la *World Health Organization* (WHO) persegue l'obiettivo di un'armonizzazione internazionale degli standard, finalizzata a garantire un analogo livello di protezione della salute a tutte le persone del mondo⁸⁵. A questo scopo, la WHO raccomanda l'adozione di limiti basati sulle evidenze scientifiche e periodicamente aggiornati in funzione dell'evoluzione delle conoscenze, quali quelli elaborati dall'*International Commission for Non-Ionising Radiation Protection*⁸⁶.

Le Linee Guida ICNIRP, considerando scientificamente dimostrati gli effetti nocivi documentati da evidenze epidemiologiche e/o sperimentali affidabili e riproducibili, stabiliscono i limiti di esposizione. Questi ultimi vengono calcolati applicando, al livello di esposizione relativo all'effetto critico, opportuni fattori di riduzione, orientati a tener conto dell'inevitabile incertezza delle stime di rischio e della variabilità inter- e intra-individuale nelle risposte biologiche e vengono periodicamente aggiornati sulla base delle più recenti conoscenze.

La normativa ha l'obiettivo di prevenire gli effetti accertati dei campi elettromagnetici, intendendo per effetto la variazione morfologica o funzionale in tessuti, organi o sistemi. Si parla invece di danno quando un effetto supera la capacità di compensazione dell'organismo.

Con la Legge n. 36 del 22.02.2001 sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, sono stati introdotti i Limiti di esposizione e i valori di attenzione per la protezione degli effetti a breve e a lungo termine, e gli obiettivi di qualità per la progressiva minimizzazione dell'esposizione. Il provvedimento indica pertanto più livelli di riferimento per l'esposizione come di seguito descritti:

- **limiti di esposizione:** limiti che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione per la tutela della salute dagli effetti acuti;
- **valori di attenzione:** valori di esposizione che non devono essere superati negli ambienti adibiti a permanenze prolungate per la protezione da possibili effetti a lungo termine;
- **obiettivi di qualità:** da conseguire nel breve, medio e lungo periodo per la minimizzazione delle esposizioni, con riferimento a possibili effetti a lungo termine e relativi a:

⁸⁴ Rapporti ISTISAN 19/11, "Radiazioni a radiofrequenze e tumori: sintesi delle evidenze scientifiche".

⁸⁵ World Health Organization (WHO). *Framework for developing health-based electromagnetic field standards*. Geneva: WHO Press; 2006.

⁸⁶ International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys* 1998;74(4):494-522.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

- criteri localizzativi, standard urbanistici, prescrizioni e incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili;
- valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo stato secondo le previsioni di cui all'art. 4 di cui alla suddetta Legge Quadro, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

Per quanto riguarda la popolazione generale, con il DPCM 8/7/2003 (recante "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz.") relativo ai campi elettromagnetici a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz, la normativa italiana ha recepito gli standard ICNIRP per la maggior parte delle numerose fonti di esposizione a RF, ad esclusione delle sorgenti fisse radiotelevisive e per le telecomunicazioni. Per queste particolari sorgenti sono stati fissati limiti più restrittivi dei valori ICNIRP, pari a 20 V/m nell'intervallo delle frequenze compreso tra 3 MHz e 3 GHz, nonché valori di attenzione e obiettivi di qualità.

I valori di attenzione consistono nel livello di riferimento di 6 V/m da non superare nelle aree a permanenza prolungata (>4 h), incluse le loro relative pertinenze esterne. Gli obiettivi di qualità prevedono che lo stesso valore di riferimento di 6 V/m sia rispettato anche in aree esterne intensamente frequentate, quali luoghi destinati ad attività sociali e parchi gioco. A seguito delle modifiche al DPCM 8 luglio 2003 introdotte dalla Legge 221/2012, sia i valori di attenzione sia gli obiettivi di qualità sono da intendersi non più come valori mediati su sei minuti ma come valori mediati nell'arco delle 24 ore.

In particolare, il suddetto Decreto definisce i seguenti limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità (Allegato B, DPCM 8.07.2003):

- Limiti di esposizione

Tabella 1	Intensità di campo elettrico - E(V/m)	Intensità di campo magnetico - H (A/m)	Densità di Potenza - D (W/m ²)
0,1 <f ≤ 3MHz	60	0,2	-
3 <f ≤ 3000MHz	20	0,05	1
3 <f ≤ 300 GHz	40	0,01	4

f: frequenza delle onde del campo elettromagnetico

- Valori di attenzione

Tabella 2	Intensità di campo elettrico E(V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di Potenza D (W/m ²)
0,1 MHz <f ≤ 300GHz	6	0,016	0,10 (3 MHz-300GHz)

- Obiettivi di qualità

Tabella 3	Intensità di campo Elettrico E(V/m)	Intensità di campo Magnetico H (A/m)	Densità di Potenza D (W/m ²)
0,1 MHz <f ≤ 300GHz	6	0,016	0,10 (3 MHz-300GHz)

Relativamente ai campi elettromagnetici ELF i livelli di riferimento per l'esposizione sono stati stabiliti con il DPCM 8/7/2003 8 luglio 2003 recante titolo "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti".

Per Elettrodotto si intende l'insieme delle linee elettriche delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione. In particolare, il suddetto Decreto definisce i seguenti limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità:

- Limite di esposizione: (art. 3 c.1 del DPCM 08.07.2003) nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

esposizione di 100 Mt per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci;

- Valore di attenzione: (art. 3 c.2 del DPCM 08.07.2003) nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore e nelle normali condizioni di esercizio;
- Obiettivi di qualità: (art. 4 del DPCM 08.07.2003) nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore e nelle normali condizioni di esercizio.

Le risposte dell'organismo umano ai campi elettromagnetici dipendono in modo determinante dalla frequenza di questi ultimi. I meccanismi di interazione con i tessuti biologici e con gli organi variano infatti sostanzialmente nelle diverse regioni dello spettro elettromagnetico. Sono stati identificati, e sono ben compresi, alcuni meccanismi di interazione a livello macroscopico che danno luogo a risposte biologiche ben definite.

I campi magnetici statici possono provocare l'allineamento di molecole dotate di particolare struttura (magneticamente polarizzate o polarizzabili), mentre i campi elettrici statici, efficacemente schermati dalle cariche elettriche che si dispongono sulla superficie del corpo per effetto dei campi stessi, non penetrano nel corpo e provocano al più sensazioni superficiali.

I meccanismi di interazione dei campi elettromagnetici con la materia biologica accertati si traducono sostanzialmente in due effetti fondamentali: induzione di correnti nei tessuti elettricamente stimolabili, e cessione di energia con rialzo termico. Tali effetti sono definiti effetti diretti in quanto risultato di un'interazione diretta dei campi elettromagnetici con il corpo umano. Alle frequenze più basse e fino a circa 1 MHz, prevale l'induzione di correnti elettriche nei tessuti elettricamente stimolabili, come nervi e muscoli. Con l'aumentare della frequenza diventa sempre più significativa la cessione di energia nei tessuti attraverso il rapido movimento oscillatorio di ioni e molecole di acqua, con lo sviluppo di calore e riscaldamento. A frequenze superiori a circa 10 MHz, quest'ultimo effetto è l'unico a permanere, e al di sopra di 10 GHz, l'assorbimento è esclusivamente a carico della cute. Gli effetti diretti si manifestano al di sopra di specifiche soglie di induzione: l'attuale quadro delle conoscenze consente di disporre di un "razionale" (cioè una base logico-scientifica) per la definizione di valori limite di esposizione che ne prevenivano l'insorgenza in soggetti che non abbiano controindicazioni specifiche all'esposizione.

I campi elettromagnetici generati da sorgenti esterne interagiscono con le cariche e le correnti elettriche interne al corpo a qualunque livello di intensità; teoricamente, quindi, qualunque esposizione provoca delle risposte che possono tradursi in effetti biologici. Occorre tuttavia tenere presente che esistono correnti elettriche endogene connesse a funzioni vitali; è quindi plausibile attendersi risposte biologiche soltanto se le correnti indotte sono dello stesso ordine di grandezza, o superiori, rispetto a quelle fisiologiche. Analoghe considerazioni valgono per gli effetti termici, osservabili solo se l'aumento di temperatura è superiore alle variazioni normalmente provocate da processi fisiologici (come l'attività fisica) o da altri agenti esterni, comprese le condizioni climatiche. Esistono quindi delle soglie di osservabilità per gli effetti biologici, che tuttavia non sono ben definite. A bassi livelli di esposizione è infatti difficile discriminare i contributi endogeni da quelli dei campi esterni e le relative ricerche forniscono spesso risultati incerti e contraddittori. Dal punto di vista della protezione, comunque, si assume che variazioni dei parametri fisici sopra elencati, che siano confrontabili con quelle associate ai normali processi fisiologici, non costituiscano un danno per la salute.

Esistono anche effetti indiretti, che possono avere gravi ricadute sulla salute e sicurezza, che però non si manifestano se vengono rispettati i limiti di esposizione per la popolazione ai CEM. Esempi di tali effetti sono rappresentati da:

- interferenze con attrezzature e altri dispositivi medici elettronici;



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

- interferenze con attrezzature o dispositivi medici impiantati attivi, ad esempio stimolatori cardiaci o defibrillatori;
- interferenze con dispositivi medici portati sul corpo, ad esempio pompe insuliniche;
- interferenze con dispositivi impiantati passivi, ad esempio protesi articolari, chiodi, fili o piastre di metallo;

Effetti a breve termine dei campi elettromagnetici ELF

I campi elettrici e magnetici ELF inducono all'interno del corpo campi elettrici e correnti elettriche che possono stimolare tessuti elettricamente eccitabili, in particolare quelli del sistema nervoso e i tessuti muscolari. Tali effetti di stimolazione sono possibili perché i campi e le correnti indotti all'interno del corpo, a causa di meccanismi di polarizzazione del materiale biologico, attivi alle frequenze più basse, non penetrano all'interno delle cellule, creando così delle consistenti differenze di potenziale elettrico (aggiuntive rispetto a quelle normalmente presenti) attraverso le membrane esterne delle cellule. All'aumentare della frequenza, i campi e le correnti elettriche tendono a penetrare sempre più all'interno delle cellule, nel citoplasma, impedendo il crearsi delle differenze di potenziale aggiuntive attraverso le membrane cellulari, rendendo così sempre più improbabile il verificarsi degli effetti di stimolazione, che sono praticamente impossibili alle radiofrequenze e microonde.

Gli effetti di stimolazione dei tessuti muscolari e nervosi (eccitabili elettricamente) possono rappresentare rischi per la salute solo quando la densità della corrente elettrica indotta all'interno del corpo dal campo esterno supera una soglia di circa 100 mA/m², valore raggiungibile a fronte di esposizioni a campi a 50 Hz dell'ordine delle centinaia di kilovolt/metro per quanto riguarda il campo elettrico e di qualche millitesla per quanto riguarda l'induzione magnetica. Le numerose reazioni chimiche dei processi vitali sono associate a normali correnti "di fondo" di circa 10 mA/m².

La natura "a soglia" dei rischi sanitari a breve termine dei campi elettrici e magnetici ELF prevede un sistema di protezione che, imponendo delle restrizioni di base sulla densità di corrente, permette di eliminare completamente la possibilità di questi effetti. Tali restrizioni di base incorporano un fattore di protezione 10 per i lavoratori e di 50 per la popolazione generale. Si tratta di valori così elevati, rispetto a quelli riscontrabili nei normali ambienti di vita e di lavoro, che la possibilità di rischi a breve termine, quando ad esempio si sta davanti un elettrodomestico a casa o a un computer in ufficio, è praticamente da escludersi.

Effetti a lungo termine dei campi elettromagnetici ELF

Il discorso è in questo caso diverso. Pur non essendo al momento dimostrata una relazione di causa-effetto tra esposizione per lunghi periodi ai campi ELF e insorgenza di alcune malattie, in particolare leucemie infantili, alcuni studi epidemiologici indicano tuttavia un'associazione. L'indagine sugli effetti a lungo termine dei campi ELF si è sviluppata lungo le tre direzioni complementari della ricerca sperimentale in vitro su campioni cellulari, della ricerca sperimentale in vivo su animali di laboratorio e infine della ricerca epidemiologica, di natura osservazionale, che ha come oggetto d'indagine direttamente l'uomo.

L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) ha esaminato nel 2001 le evidenze scientifiche, sia sperimentali che epidemiologiche, relative alla cancerogenicità dei campi elettrici e magnetici alle frequenze ELF. Le evidenze di cancerogenicità dei campi elettrici ELF sono state giudicate "inadeguate" dalla IARC, così come le evidenze epidemiologiche relative all'associazione dei campi magnetici ELF con tutte le patologie tumorali negli adulti e con quelle nei bambini differenti dalla leucemia. Diverso il discorso per l'associazione tra la leucemia infantile e le esposizioni residenziali ai campi magnetici. In questo caso l'evidenza scientifica non è risultata del tutto negativa, ma "limitata", è stato espresso cioè un giudizio intermedio tra quello di evidenza "inadeguata" ed evidenza "sufficiente"^{87 88 89}. Tuttavia, non è possibile

⁸⁷ Ahlbom A. et al, 2000. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia, British Journal of Cancer (2000) 83(5), 692–698.

⁸⁸ Schuz J. et al, 2007. Nighttime exposure to electromagnetic fields and childhood leukemia: an extended pooled analysis, American Journal of Epidemiology. 2007 Aug 1;166(3):263-9.

⁸⁹ Wartenberg D., 2001. Residential EMF exposure and childhood leukemia: meta-analysis and population attributable risk, Bioelectromagnetics. 2001;Suppl 5:S86-104.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

escludere altre spiegazioni dell'associazione osservata, quali possibili fattori di confondimento, distorsioni relative al reclutamento dei soggetti studiati (bias di selezione), o problemi nella valutazione dell'esposizione che spesso è avvenuta anni prima che venisse effettuato lo studio⁹⁰. Per questo motivo, e per il fatto che la ricerca sperimentale non ha fornito elementi a sostegno della cancerogenicità dei campi magnetici mediante studi su animali, la IARC ha classificato i campi magnetici ELF solo come "possibilmente cancerogeni per l'uomo", escludendo quindi un'associazione certa o anche solo probabile.

Effetti a breve termine dei campi elettromagnetici ad alta frequenza

I campi elettromagnetici a radiofrequenza e microonde trasportano energia elettromagnetica che viene assorbita dai tessuti corporei e trasformata in calore provocando, in definitiva, un aumento di temperatura dell'intero corpo o di sue parti, secondo le modalità di esposizione. I campi elettromagnetici a RF possono penetrare nel corpo e causare vibrazioni di molecole elettricamente cariche o polari; maggiore è la frequenza minore è la profondità di penetrazione. Ciò si traduce in attrito e quindi in produzione di calore. Gli effetti di questo processo sono legati all'aumento di temperatura piuttosto che all'azione dei campi elettromagnetici di per sé; per questo motivo, sono comunemente indicati come effetti termici. Nel caso dei campi elettromagnetici a frequenza intermedia possono essere attivi entrambi i meccanismi di stimolazione e di riscaldamento. Il riscaldamento dei tessuti è l'unico effetto critico dell'esposizione a RF, rilevante per la salute e la sicurezza, ad oggi scientificamente dimostrato⁹¹.

Quest'ultimo è contrastato dai meccanismi di termoregolazione come l'aumento della circolazione sanguigna, la sudorazione o la respirazione accelerata. Queste reazioni biologiche rallentano il processo di riscaldamento e riducono la temperatura a cui si stabilisce l'equilibrio termico.

Per la protezione del pubblico e dei lavoratori sono stati stabiliti a livello internazionale dei limiti di esposizione tali da limitare, anche nei soggetti più sensibili, l'aumento stabile della temperatura ben al di sotto di 1° C, una variazione inferiore a quelle associate ai normali processi fisiologici e quindi tollerabile dall'organismo anche per tempi prolungati. Il tempo richiesto per raggiungere l'equilibrio termico è di qualche decina di minuti. Per questa ragione i limiti di esposizione non debbono essere intesi come istantanei, bensì come valori da non superare in media entro un arco di tempo definito.

L'assorbimento di energia è misurato come tasso di assorbimento specifico (SAR, espresso in watt al chilogrammo) entro una data massa di tessuto. Per campi tra 1 MHz e 10 GHz, per provocare danni come cataratte oculari e ustioni della pelle, ci vuole un SAR di almeno 4 W/kg che si riscontra solo a decine di metri di distanza da potenti antenne FM, normalmente isolate e inaccessibili. Eventuali danni da riscaldamento indotto provocano risposte fisiologiche e risposte legate alla termoregolazione, compresa una ridotta capacità di svolgere attività mentali o fisiche quando la temperatura del corpo aumenta⁹². I campi superiori a 10 GHz sono assorbiti dalla superficie della pelle, e pochissima energia penetra nei tessuti sottostanti. Perché ci siano danni come ustioni o cataratte oculari, ci vuole un'esposizione a livelli simili a quelli che si hanno nelle immediate vicinanze di un radar di potenza (la normativa impedisce la presenza dell'uomo in queste aree) ma che non si riscontrano nella vita quotidiana. Secondo l'OMS, la maggior parte degli studi condotti a frequenze superiori a 1 MHz hanno analizzato i risultati di esposizioni acute ad alti livelli di campi RF, cioè ad esposizioni che non si riscontrano nella vita quotidiana.

Effetti a lungo termine dei campi elettromagnetici ad alta frequenza

Con gli sviluppi tecnologici nelle telecomunicazioni, in ambito medico e industriale è aumentata la preoccupazione per gli eventuali rischi per la salute associati a queste esposizioni. Si è quindi intensificata la ricerca su eventuali effetti nocivi di esposizioni prolungate ma d'intensità inferiore ai livelli raccomandati per

⁹⁰ Mezei G. and Kheifets L., 2006. Selection bias and its implications for case-control studies: a case study of magnetic field exposure and childhood leukaemia, *International Journal of Epidemiology* 2006;35:397-406.

⁹¹ Rapporti ISTISAN 19/11, "Radiazioni a radiofrequenze e tumori: sintesi delle evidenze scientifiche".

⁹² <https://www.epicentro.iss.it/campi-elettromagnetici/epidemiologia>



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

la protezione dagli effetti nocivi accertati. Per quanto sopra, i possibili effetti a lungo termine dell'esposizione a livelli "sub-termici" di campi elettromagnetici a radiofrequenza e microonde, cioè a livelli tali da non dare luogo ad aumenti di temperatura dell'intero corpo esposto, o di sue parti, sono stati oggetto di numerose ricerche sia di tipo sperimentale, sia di tipo epidemiologico, incentrate in gran parte sulla loro eventuale cancerogenicità.

I risultati dei numerosi studi di laboratorio su animali condotti per indagare l'eventuale cancerogenicità dei campi a radiofrequenza e microonde (studi a lungo termine su roditori, studi su animali geneticamente predisposti allo sviluppo di tumori, studi di co-cancerogenicità e studi su eventuali effetti facilitanti lo sviluppo di tumori da cellule neoplastiche trapiantate) sono piuttosto coerenti nell'indicare che non vi sia alcun effetto cancerogeno. Anche gli studi di genotossicità, condotti su cellule umane o animali dopo esposizione ai campi in vivo o in vitro, si sono dimostrati per la maggior parte negativi, cioè non hanno dimostrato incrementi nella frequenza di rotture del DNA a singolo filamento, né di altri indicatori di danno genotossico (aberrazioni cromosomiche, scambi tra cromatidi fratelli, micronuclei) nei campioni esposti rispetto alla frequenza osservata nei campioni non esposti. Alcuni studi sperimentali avevano segnalato la possibilità che l'esposizione a livelli sub-termici di campi a radiofrequenza e microonde potesse aumentare la permeabilità della barriera emato-encefalica (facilitando così il passaggio di eventuali composti cancerogeni dal sangue al cervello), ma molti studi successivi non hanno confermato questo sospetto.

Per quanto riguarda gli studi epidemiologici sugli effetti a lungo termine dei campi elettromagnetici a radiofrequenza e microonde, sono state effettuate soprattutto indagini sull'incidenza di tumori in gruppi di popolazione esposti in ambito professionale o residenziale, e studi sugli utilizzatori di telefoni cellulari^{93 94}.

Alcuni studi su lavoratori professionalmente esposti hanno indicato un aumento di alcune neoplasie, ma altri non hanno indicato alcuna associazione tra esposizione e patologie. Le notevoli disomogeneità tra gli studi, e le differenze nell'esposizione, non consentono di effettuare meta-analisi per sintetizzare quantitativamente l'evidenza fornita da questi studi. Inoltre, nessuno di questi studi fornisce indicazioni quantitative adeguate sull'intensità d'esposizione. La mancanza di utili indicazioni quantitative sull'intensità d'esposizione costituisce il limite fondamentale anche di alcuni studi geografici che sono stati condotti sulla frequenza di neoplasie tra i residenti in prossimità di antenne radiotelevisive. Nell'insieme, le indagini condotte fino ad ora non forniscono indicazioni coerenti di un'associazione tra forme tumorali ed esposizioni ai campi elettromagnetici generati da trasmettitori radiotelevisivi. Per i limiti intrinseci a tutte le analisi ecologiche (cioè basate su dati aggregati e non su dati individuali) non è ragionevole attendersi risultati più conclusivi da ulteriori indagini di questo tipo.

Gran parte della ricerca epidemiologica recente è stata dedicata alla valutazione dei possibili effetti cancerogeni dell'esposizione alle microonde emesse dai telefoni cellulari^{95 96}. Principalmente sulla base di questi dati, tuttavia, nel 2011 la IARC ha classificato i campi elettromagnetici a radiofrequenza e microonde come "possibilmente cancerogeni" (Gruppo 2B), in quanto l'evidenza epidemiologica è stata giudicata 'limitata', cioè un'interpretazione causale delle evidenze è ritenuta credibile, ma non è possibile escludere con ragionevole certezza un ruolo del caso, di distorsioni o di fattori di confondimento.

Va comunque tenuto presente che alcuni membri dello stesso Gruppo di Lavoro della IARC che ha effettuato la classificazione hanno ritenuto che l'evidenza epidemiologica fosse "inadeguata" (grado di evidenza inferiore a "limitata"): se questa opinione fosse stata maggioritaria all'interno del Gruppo di Lavoro, i campi elettromagnetici a radiofrequenza e microonde sarebbero stati presumibilmente assegnati al Gruppo 3 dei "non classificabili in relazione alla loro cancerogenicità per l'uomo".

⁹³ Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study, International Journal of Epidemiology, Volume 39, Issue 3, June 2010, Pages 675–694.

⁹⁴ Muscat J. E. et al. 2000. Handheld cellular telephone use and risk of brain cancer, J E Muscat et al, JAMA 2000 Dec 20;284(23):3001-7.

⁹⁵ Cellular telephone Use and Brain Tumors, New England Journal of Medicine 2001 Jan 11;344(2):79-86

⁹⁶ Schuz J. et al, 2022. Cellular Telephone Use and the Risk of Brain Tumors: Update of the UK Million Women Study, , Journal of the National Cancer Institute, Volume 114, Issue 5, May 2022, Pages 704–711.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Finalità
Ridurre l'intensità, la durata e il livello di esposizione a campi elettromagnetici a bassa ed alta frequenza.
Obiettivi prestazionali sanitari e ambientali
<ul style="list-style-type: none">• Adottare soluzioni progettuali e tecniche per ridurre l'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici a bassa frequenza generati da sistemi di produzione, trasmissione, distribuzione e trasformazione di energia elettrica (es. elettrodotti ad alta, media, bassa tensione, linee elettriche di distribuzione, sottostazioni e cabine di trasformazione).• Ridurre l'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici ad alta frequenza generati da stazioni radio base della telefonia mobile, da ripetitori radio e tv e dai sistemi di radiocomunicazione Wi-Fi.
Buone pratiche
<p><i>Riduzione dell'esposizione ai campi elettromagnetici a bassa frequenza (CEM-ELF) generati da sorgenti esterne all'edificio.</i></p> <p>Verificare, in prossimità degli edifici e delle relative pertinenze, il rispetto dei limiti di esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici generati da linee elettriche o apparecchi a loro collegati, in accordo con quanto previsto dalla normativa di settore.</p> <p>Verificare che, in presenza di linee elettriche aeree o interrate e di cabine elettriche, l'edificio (ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti la permanenza superiore alle 4 ore/giorno) sia ubicato esternamente alle fasce di rispetto calcolate, in accordo con l'art. 6 del DPCM 8.07.2003, secondo la metodologia definita dal D.M. 29 maggio 2008.</p> <p>Prediligere linee elettriche interrate ad alta e media tensione con geometria dei cavi a "trifoglio".</p> <p><i>Riduzione dell'esposizione ai campi elettromagnetici a bassa frequenza (CEM-ELF) generati da sorgenti interne all'edificio.</i></p> <p>Posizionare il quadro generale, i contatori e le colonne montanti all'esterno della casa e non in prossimità dei locali in cui è prevista la permanenza prolungata di persone.</p> <p>Adottare una posa degli impianti elettrici a "stella" o ad "albero", partendo da un'unica scatola di derivazione centrale; se l'edificio è sviluppato in lunghezza sul piano orizzontale, eseguire la distribuzione a "liscia di pesce", concentrando le dorsali nei corridoi o in locali di solo transito.</p> <p>Evitare l'uso di apparecchiature e dispositivi elettrici ed elettronici che emettono campi elettromagnetici ad alta intensità.</p> <p>Evitare di posare le linee elettriche di alimentazione dei dispositivi ad alto assorbimento o dei dispositivi che devono essere attivi per lungo tempo (es. in ambito domestico: frigoriferi, caldaie a gas, forni, computer, ecc.) in prossimità di ambienti in cui si prevede una permanenza superiore alle 4 ore/giorno. In particolare, avere cura di evitare il passaggio delle linee elettriche sotto i letti. Ove questo non sia possibile, utilizzare cavi elettrici schermati. Prediligere, al contrario, la posa delle linee elettriche nei locali di transito (es. corridoi) e il posizionamento dei punti luce a parete e non a soffitto.</p> <p>Evitare di posizionare in adiacenza a camere o ambienti in cui si permane per più di 4 ore/giorno apparecchiature ad alto o frequente assorbimento.</p> <p>Posizionare quanto più lontani dai letti, in particolar modo dalle testiere, le linee elettriche, o dispositivi collegati alla rete elettrica (es. trasformatori, amplificatori d'antenna).</p> <p>Curare il posizionamento dei dispositivi alimentati dalla rete elettrica e dotati di trasformatori o alimentatori (lampade a neon e alogene a bassa tensione, televisori, computer, dispositivi per la ricarica di telefoni cordless ecc.), evitando la stretta vicinanza alle zone in cui si prevede una permanenza prolungata (es. zone di riposo, lettura, lavoro).</p> <p><i>Riduzione dell'esposizione ai campi elettromagnetici ad alta frequenza (CEM-RF) generati da sorgenti esterne all'edificio.</i></p> <p>Effettuare la misurazione dei CEM-RF presenti nell'area in cui deve sorgere il nuovo edificio (o complesso edilizio) e verificare il rispetto dei limiti normativi di emissione previsti dalla normativa vigente. Ad oggi tali</p>



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

limiti sono identificati dall'art. n. 3 del DPCM del 08.07.2003.

Progettare la disposizione dei fabbricati al fine di minimizzare l'esposizione degli occupanti ai CEM-RF. Curare la disposizione dei locali interni dell'edificio posizionando quanto più lontano dalle sorgenti di CEM esterne quelli in cui è prevista una permanenza prolungata di persone.

Adottare opportune soluzioni tecniche finalizzate alla schermatura dei CEM-RF (schermi metallici, schiume metalliche, pellicole per superfici vetrate, vernici con nanopolveri metalliche, ecc.).

Riduzione dell'esposizione ai campi elettromagnetici ad alta frequenza (CEM-ELF) generati da sorgenti interne all'edificio.

Adottare soluzioni alternative ai sistemi di wireless per la telefonia e per l'accesso alla rete internet, prediligendo la connessione via cavo o la tecnologia PLC (*Powerline Communication*), che consente di utilizzare la comune rete elettrica come mezzo di trasporto per la trasmissione digitale di dati e voce, in alternativa alla rete telefonica.

Strumenti di verifica

Campi elettromagnetici a bassa frequenza (CEM-ELF)

- Rispetto delle distanze tra sorgenti esterne ed edificio in accordo con quanto previsto dalle fasce di rispetto calcolate in relazione alla tipologia e caratteristiche delle sorgenti dei campi elettromagnetici.
- Verifica del rispetto dei limiti normativi di emissione di CEM-ELF attraverso opportune stime o misure.
- Descrizione dei criteri di progettazione degli impianti e di disposizione dei dispositivi elettrici adottati per mitigare l'esposizione ai CEM-ELF.

Campi elettromagnetici ad alta frequenza (CEM-RF)

- Localizzazione delle sorgenti di CEM-RF presenti in un intorno di 200 m dall'edificio, avvalendosi delle informazioni fornite dai Comuni e/o dagli enti competenti.
- Verifica del rispetto dei limiti normativi di emissione di CEM-RF attraverso opportune stime o misure.
- Verifica dei criteri adottati per la riduzione dell'esposizione ai CEM-RF da sorgenti esterne all'edificio (configurazione planimetrica dei locali e dei vani di pertinenza, eventuale adozione di soluzioni tecniche di schermatura, ecc.).
- Verifica dei criteri adottati per la riduzione dell'esposizione ai CEM-RF da sorgenti interne all'edificio (es. utilizzo di sistemi alternativi alle reti Wi-Fi per la connessione internet e per la telefonia wireless).

Approfondimenti

Le tipologie di protezioni schermanti da CEM degli ambienti interni derivanti da sorgenti esterne sono di differenti tipologie e, in genere, la loro efficienza nell'attenuare l'intensità del campo elettromagnetico dipende da numerosi fattori, tra cui la natura e le caratteristiche della sorgente, la tipologia di materiale costituente lo schermo e lo spessore dell'elemento schermante.

Relativamente alle onde elettromagnetiche ad alta frequenza provenienti da sorgenti esterne all'edificio, le soluzioni di schermatura elettromagnetica vengono di solito usate nelle case adiacenti le torri delle stazioni radio base della telefonia mobile o le antenne per le trasmissioni radio, in particolare nelle stanze con finestre che hanno un contatto visivo con l'antenna e in aree densamente popolate dove sono installate più torri di telefonia mobile.

In via generale, i muri perimetrali di un edificio sono in grado di schermare sufficientemente gli ambienti interni dai CEM-RF, fatto salvo che non siano presenti discontinuità nelle facciate. Le superfici vetrate, tuttavia, non ostacolano la penetrazione del campo elettromagnetico negli ambienti indoor.

In tal caso, le misure volte ad attenuare il CEM-RF in ingresso dalle finestre comprendono, ad esempio, l'installazione di vetri dotati di griglie metalliche nell'interstrato tra due superfici trasparenti. L'efficienza di attenuazione dipende dalla tipologia di materiali che costituiscono la griglia (es. rame, argento), dallo spessore della griglia e dalla geometria delle aperture della griglia.

Ulteriori materiali impiegati per la realizzazione delle schermature in questione comprendono, ad esempio, oltre all'economica carta stagnola, piastre in lamiera, schermi metallici e schiume metalliche, tessuti in rete metallica (costituiti da materiali metallici non conduttivi che incorporano leghe metalliche conduttive),



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

pellicole speciali per finestre, carte da parati speciali e vernici che, contenendo tipicamente rame o nichel sotto forma di nanoparticelle, riflettono oltre il 99% delle radiazioni RF, a causa della loro particolare composizione conduttiva.

Tali sistemi forniscono tassi di attenuazione della radiazione elevati – anche per radiazioni ad altissima frequenza – e schermano inoltre dai campi elettrici a bassa frequenza (ad esempio da fili, apparecchi elettrici, ecc.). Tuttavia, i suddetti sistemi schermanti non sono efficaci per campi magnetici a 50 Hz.

L'effettiva attenuazione della radiazione dipende dalla riflessione fornita da ciascun materiale ma anche dalla copertura delle superfici. Infatti, la schermatura per essere efficiente deve essere realizzata senza soluzione di continuità, dal momento che ogni zona non schermata rappresenta un potenziale punto di ingresso dei campi elettromagnetici e può compromettere il risultato locale o complessivo del progetto di schermatura.

Per quanto riguarda i CEM-ELF, generati da elettrodotti e linee che trasportano la corrente elettrica negli edifici e nelle abitazioni, è necessario sottolineare che, mentre i campi elettrici a frequenza di rete vengono facilmente schermati, almeno parzialmente, da oggetti conduttori, altrettanto non vale per i campi magnetici. Infatti, gli oggetti presenti nelle vicinanze di un elettrodotto, ad esempio alberi e edifici, producono un effetto schermante sul campo elettrico, il cui valore negli ambienti indoor, a seconda della struttura dell'edificio e del tipo di materiale da costruzione impiegato, risulta anche 100 volte inferiore rispetto a quello esterno. Al contrario, il campo di induzione magnetica non viene schermato da edifici o altri oggetti vicini agli elettrodotti. Infatti, all'interno di edifici in prossimità di linee elettriche o cabine, i valori misurati di intensità di campo magnetico, risultano confrontabili con quelli esterni.

Pertanto, al fine di schermare un volume dai campi magnetici, è necessario impiegare materiali particolari e costosi, come leghe metalliche o ceramiche, che convogliano le linee di campo magnetico al loro interno così da schermare il volume in questione. La scelta dei materiali impiegati dipende strettamente dall'intensità del campo magnetico, a causa dei vincoli di costi ed efficacia, il loro uso, tuttavia, è consigliato solo in caso di valori di radiazioni molto elevati, quando non è possibile allontanarsi dalla sorgente.

Nel caso di sorgenti ELF indoor, la protezione da piccoli trasformatori, motori e quadri elettrici risulta però più semplice, rispetto a quella dagli elettrodotti, perché è possibile schermare la sorgente anziché l'intera stanza. Tali schermature possono essere realizzate per mezzo di piastre metalliche, per campi elettrici o lastre in lega magnetica per campi magnetici, applicate ad esempio in corrispondenza dei quadri elettrici, e canalizzazioni schermanti di alloggiamento dei cavidotti.

Ad ogni buon conto, prima di impiegare materiali come una vernice di protezione ad hoc o l'alluminio, è necessario assicurarsi del fatto che in casa non siano presenti dei dispositivi di emissione di radiazioni o Wi-Fi, perché le onde elettromagnetiche potrebbero venire riflesse e amplificate.

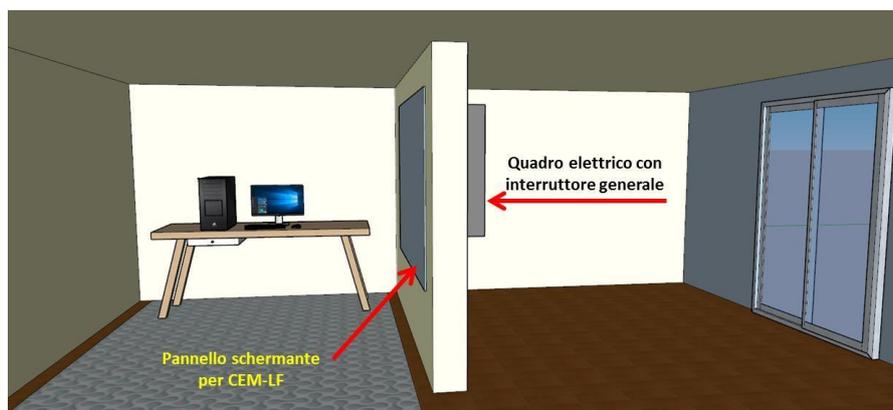


Figura 4.7: rappresentazione del campo elettromagnetico.esempio di schermatura di CEM a bassa frequenza

Le strategie di riferimento per la riduzione dell'esposizione a tali CEM con frequenza di 50 Hz sono riportate nella Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.2019: il criterio prestazionale D.6.1 *Campi magnetici a frequenza industriale (50 Hertz)* prende in esame, ai fini della determinazione del punteggio prestazionale, la presenza e l'ubicazione delle sorgenti di campi magnetici a frequenza industriale all'interno dell'edificio, l'adozione di



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

eventuali misure di riduzione dell'esposizione e la configurazione dell'impianto elettrico (es. a stella, ad albero, a lisce di pese) ai fini della minimizzazione delle emissioni.

Di seguito si riporta la scheda relativa al suddetto criterio riferita a edifici residenziali (UNI/Pdr 13.1:2019).

SCHEDA CRITERIO D.6.1 – CAMPI MAGNETICI A FREQUENZA INDUSTRIALE (50 HERTZ)

QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR	NUOVA COSTRUZIONE RISTRUTTURAZIONE	D.6.1
Inquinamento elettromagnetico		
Campi magnetici a frequenza industriale (50 Hertz)		

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor	D.6 Inquinamento elettromagnetico	
ESIGENZA	PESO DEL CRITERIO	
Minimizzare il livello dei campi elettrici e magnetici a frequenza industriale (50 Hz) negli ambienti interni al fine di ridurre il più possibile l'esposizione degli individui.	nel sistema completo _____ nella categoria	
INDICATORE DI PRESTAZIONE	UNITA' DI MISURA	
Presenza e caratteristiche delle strategie adottate per la riduzione dell'esposizione ai campi magnetici a frequenza industriale all'interno dell'edificio.	-	
SCALA DI PRESTAZIONE		
	PUNTI	
NEGATIVO	Presenza di sorgenti di campo magnetico a frequenza industriale entro una distanza di 2m dagli ambienti principali, senza applicazione di strategie per la riduzione dell'esposizione.	-1
SUFFICIENTE	Presenza di sorgenti di campo magnetico a frequenza industriale entro una distanza di 2m dagli ambienti principali con messa in atto di strategie per la riduzione dell'esposizione.	0
BUONO	Nessuna sorgente di campo magnetico a frequenza industriale entro una distanza di 2m dagli ambienti principali.	3
OTTIMO	Nessuna sorgente di campo magnetico a frequenza industriale entro una distanza di 2m dagli ambienti principali e configurazione ottimale dell'impianto elettrico per minimizzare le emissioni.	5

Metodo e strumenti di verifica

1. Verificare la presenza e l'ubicazione di sorgenti di campo magnetico a frequenza industriale all'interno dell'edificio. Verificare la presenza di sorgenti significative di campo magnetico a frequenza industriale, ovvero di cabine di trasformazione, quadri elettrici di edificio e di zona, linee interrate a media e alta tensione, in adiacenza ai locali con permanenza di persone per almeno 4 ore come da DPCM 8 luglio 2003.

La distanza tra sorgenti e ambienti principali va valutata come distanza tra l'elemento che costituisce la sorgente di campo magnetico (cavo, quadro, ecc.) e qualsiasi area accessibile dell'ambiente principale. Per quanto riguarda le parti costituenti gli impianti elettrici dell'edificio in progetto, l'applicazione dei criteri di distanza e riduzione dell'esposizione è da considerare qualora siano previste correnti di fase superiori a 20 A.



QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR

NUOVA COSTRUZIONE
RISTRUTTURAZIONE

D.6.1

Inquinamento elettromagnetico

Campi magnetici a frequenza industriale (50 Hertz)

2. Verificare l'adozione di strategie per la riduzione dell'esposizione

Le strategie per la riduzione dell'esposizione di riferimento sono:

- per le linee trifase MT e bt, uso del cavo cordato a elica
- per i cavi di bassa tensione in uscita da trasformatori, l'applicazione di fascettatura per avvicinare al massimo le tre fasi
- in caso di presenza di più sistemi trifase, opportuna disposizione geometrica delle fasi stesse per la minimizzazione delle emissioni.
- la disposizione delle sorgenti che garantisce la massima distanza possibile dalle aree accessibili (ad esempio con l'uso di distanziatori per allontanare i quadri dalla parete che confina con gli ambienti accessibili)
- schemature appropriate intorno alla sorgente

3. Verificare la configurazione dell'impianto elettrico ai fini della minimizzazione delle emissioni

Per ciascuna unità abitativa, verificare la configurazione dell'impianto elettrico. Le configurazioni "a stella", "ad albero" o a "liscia di pesce" sono considerate quelle che consentono la minimizzazione dell'emissione di campo magnetico a frequenza industriale. Verificare che i conduttori di un circuito siano il più possibile vicini l'uno all'altro (effettuare la posa razionale dei cavi elettrici in modo che i conduttori di ritorno siano affiancati alle fasi di andata e alla minima distanza possibile).

4. Individuare lo scenario che meglio descrive le caratteristiche dell'edificio e attribuire il punteggio.

Tra gli scenari previsti dalla scala di prestazione individuare quello che meglio si adatta alle caratteristiche dell'intervento in oggetto e attribuire al criterio il relativo punteggio.

Similmente a quanto espresso nella Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.2019, anche per quanto riguarda l'ambito dell'edilizia pubblica vengono disposti i criteri per la mitigazione dell'inquinamento elettromagnetico negli ambienti interni. A tal proposito, i CAM Edilizia riportano il criterio 2.4.10 nel quale si specificano alcuni accorgimenti progettuali finalizzati a ridurre l'esposizione ai campi elettromagnetici a bassa frequenza (es. posa degli impianti elettrici secondo lo schema a "stella" o ad "albero" o a "liscia di pesce") e ai campi elettromagnetici ad alta frequenza (es. posa degli access-point dei sistemi wi-fi ad altezze superiori a quella delle persone e possibilmente non in corrispondenza di aree caratterizzate da elevata frequentazione o permanenza).



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

4.4 Riduzione dell'esposizione agli inquinanti dell'aria indoor

Impatti ambientali e sanitari

Negli ambienti indoor⁹⁷ la qualità dell'aria è un importante determinante di salute, sia perché i livelli di inquinamento di numerose tipologie di inquinanti (radon, allergeni, fumo di tabacco, benzene, monossido di carbonio, ecc.) possono essere superiori rispetto all'ambiente esterno, sia per i prolungati tempi di esposizione degli occupanti a tali inquinanti, soprattutto per i soggetti più vulnerabili (bambini, disabili e anziani) che trascorrono negli ambienti chiusi una percentuale di tempo più elevata rispetto al resto della popolazione.

Le cause di inquinamento indoor sono molteplici e possono derivare da sorgenti esterne all'edificio, responsabili della contaminazione atmosferica (cfr. cap. 4.1), dalla combustione di legna, pellet, ecc. per il riscaldamento domestico e/o o per la cottura di cibi, dal fumo 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 e dai dispositivi di umidificazione, dai prodotti per la pulizia domestica e la cura personale, da attività hobbistiche, ecc. Alcune fonti, come i materiali da costruzione e gli arredi possono rilasciare sostanze inquinanti in continuo, mentre altre, legate ad attività come il fumo di sigaretta, la pulizia e il bricolage, sono ritenute sorgenti di contaminazione discontinue, strettamente legate al verificarsi e al protrarsi dell'attività stessa. Gli inquinanti possono permanere nell'aria in concentrazione significativa e per lunghi periodi, qualora non vengano adottate opportune misure per la riduzione di tali concentrazioni.

Gli inquinanti sono di differente tipologia e possono essere articolati in inquinanti chimici, fisici e biologici. 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.

Agenti chimici

Appartengono a questa classe:

- i composti organici volatili (COV): idrocarburi alifatici, aromatici e clorurati, le aldeidi, i terpeni, gli alcoli, gli esteri e i chetoni. In presenza di alta umidità e di elevata temperatura i processi di emissione sono più rilevanti. I COV vengono prodotti principalmente da fonti interne all'edificio e sono rilasciati in misura maggiore dai prodotti di finitura (rivestimenti, pitture e vernici, impregnanti, vetrificanti) e da quelli per la posa, per esempio, di adesivi (copolimeri acrilici, eteri di cellulosa, vinilici) e sigillanti (gomme butiliche, siliconi), riempitivi per fughe (epossidici, poliuretani, siliconici copolimeri acrilici). Altre fonti di COV derivano da prodotti cosmetici o deodoranti, dai dispositivi di riscaldamento, da materiali di pulizia, da abiti trattati recentemente in lavanderia, dal fumo di sigaretta e strumenti di lavoro (stampanti e fotocopiatrici). Gli effetti sanitari a breve termine, non necessariamente legati ad esposizioni acute (alti livelli per brevi periodi), possono includere i seguenti sintomi: 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. Gli effetti sanitari a lungo termine possono includere malattie cardio vascolari, malattie respiratorie croniche (asma, broncopneumopatia cronica ostruttiva), Sindrome da Edificio Malato (BRI), malattie neoplastiche.

La *formaldeide* (FA) è, tra i COV, il composto maggiormente diffuso in ambiente indoor. La FA è un gas organico incolore e dall'odore pungente, è molto solubile in acqua e in alcuni solventi organici. Viene prodotta per ossidazione dell'alcol metilico e trova largo impiego come biocida (antimuffa). Viene usata per la produzione di resine, come disinfettante e fissativo, o come conservante in molti prodotti di consumo. È presente nei materiali utilizzati per la produzione di pannelli a base di legno, adesivi, dispersioni polimeriche, vernici amminiche (prodotti di largo impiego nella lavorazione del legno), nei rivestimenti dei pannelli (es. laminati), ecc. Gli effetti sanitari a breve termine dell'esposizione alla formaldeide comprendono irritazione agli occhi e alle vie respiratorie. Per quanto riguarda gli effetti

⁹⁷ Con il termine "indoor" si intende un ambiente complesso riservato alle funzioni residenziali/abitative (ambiente di vita).



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

sanitari a lungo termine, l'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) considera la formaldeide un cancerogeno certo (tumori del tratto naso-faringeo) per l'uomo.

Il *benzene* (C_6H_6), è un composto aromatico e si presenta come un liquido chiaro, incolore, volatile, altamente infiammabile e con un odore caratteristico. È leggermente solubile in acqua ed è miscibile con la maggior parte dei solventi organici. La principale fonte esterna di tale inquinante è rappresentata dal traffico veicolare e, secondariamente, dalla presenza di stazioni di servizio e alcune tipologie di industrie (ad es. centrali termoelettriche a carbone, raffinerie, acciaierie, stabilimenti chimici, ecc.).

Tra le fonti di emissione indoor di tale inquinante vi sono i materiali da costruzione, i mobili, 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 dell'aria esterna.

Il benzene è riconosciuto come agente cancerogeno per l'uomo, potendo causare, in particolare, leucemie, come riportato anche nella tabella del rapporto *ISTISAN 13/39 del 2013*⁹⁸, pubblicata più avanti nel paragrafo agenti biologici.

Tra gli effetti sanitari a breve termine dell'esposizione al benzene si evidenzia che a basse concentrazioni si riscontrano effetti trascurabili; tuttavia, in caso di esposizioni ad alte concentrazioni possono manifestarsi effetti irritanti, arresto respiratorio, vertigini, narcosi, ubriachezza, euforia, agitazione, nausea, mal di testa, stanchezza, disturbi al Sistema Nervoso Centrale. Per quanto riguarda gli effetti sanitari a lungo termine, l'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro riconosce il benzene 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.

Gli *Idrocarburi Policiclici Aromatici* (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 dal 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. Questi ultimi sono considerati i più pericolosi per la salute e alcuni di questi sono cancerogeni. Come per il benzene, la principale fonte esterna di IPA è rappresentata dal traffico veicolare. Altre fonti esterne, che possono interagire con l'ambiente indoor, derivano da impianti industriali, centrali elettriche e inceneritori. 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.

Tra gli effetti sanitari dell'esposizione agli IPA si evidenzia che 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. Allo stato attuale, non si conosce molto sugli effetti sulla salute a lungo termine degli IPA. Il benzo(a)pirene è il composto più significativo in quanto è un probabile cancerogeno per la specie umana (gruppo 2A IARC).

- **il monossido di carbonio (CO)**: è un gas tossico incolore, non irritante, inodore e insapore; esso si forma a seguito della 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 dall'olfatto dell'uomo. All'interno degli edifici il CO è prodotto dai processi di combustione (cottura di cibi e riscaldamento) ed è anche

⁹⁸ <https://www.iss.it/web/guest/rapporti-istisan>



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

introdotto attraverso l'infiltrazione dall'esterno. Può essere prodotto dai sistemi di riscaldamento se non correttamente installati e mantenuti e per assenza di adeguata ventilazione. 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 sono presenti opportuni sistemi di ventilazione. Il CO viene inoltre prodotto dal fumo di sigaretta e gli scarichi di veicoli a motore situati all'interno di garage presenti nell'edificio.

Gli effetti sanitari dell'esposizione al monossido di carbonio dipendono dalla dose, si va da casi di esposizioni acute che possono 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, 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.

- **gli ossidi di azoto (NOx):** possono trovarsi in diverse forme, come ossido nitroso (N₂O) che 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. Gli ossidi NO e NO₂ sono i due principali ossidi associati alle sorgenti di combustione; la loro concentrazione ambientale può variare ampiamente e raggiungere - come somma di NO e NO₂ - valori prossimi a 500 µg/m³ in aree urbane densamente popolate. Per reazione con acqua l'NO₂ forma acido nitrico che è un comune inquinante in ambienti interni.

Le fonti principali di biossido d'azoto (NO₂) all'interno degli ambienti interni sono i processi di combustione (es. stufe a gas, sistemi di riscaldamento a cherosene, ecc.), e il fumo di tabacco, mentre la principale fonte esterna di tale inquinante è il traffico veicolare.

Per quanto riguarda gli effetti sanitari a breve termine, gli ossidi di azoto agiscono principalmente come irritanti della mucosa degli occhi, del naso, della gola e delle vie respiratorie. Un'esposizione estremamente elevata a NO₂ (come durante un incendio) può provocare edema polmonare e lesioni polmonari diffuse.

L'esposizione continua ad elevati livelli di NO₂ può contribuire allo sviluppo di bronchite acuta o cronica. L'esposizione a un livello basso di NO₂ 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.

- **gli ossidi di zolfo (SOx):** 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 SO₂ (biossido di zolfo o anidride solforosa); solo l'1-2% si trova sotto forma di SO₃ (anidride solforica). L'SO₂ presente in atmosfera deriva principalmente dall'uso di combustibili contenenti zolfo, dalla raffinazione del petrolio, da fonderie, da industrie che producono acido solforico e dall'incenerimento di rifiuti. Mentre, negli ambienti indoor, le principali fonti di SO₂ sono costituite da radiatori a cherosene, da stufe e radiatori a gas privi di scarico e dal fumo di tabacco.

Gli ossidi di zolfo agiscono 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.

- **il particolato (PM):** comprende una miscela complessa di particelle estremamente variabile in dimensione, origine e composizione: possono essere presenti sostanze minerali inorganiche (metalli, non metalli, solfati, nitrati, ammonio), composti organici (carbonio organico, idrocarburi aromatici policiclici, diossine/furani) e 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 PM₁₀ ha un diametro inferiore a 10 µm ed è inalabile, ossia in grado di penetrare nel tratto respiratorio superiore (naso, faringe e laringe). Il PM_{10-2.5} 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} ha un diametro



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

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} ha un diametro inferiore a 0,1 μm ed è una polvere ultrafine, in grado di penetrare profondamente nei polmoni fino agli alveoli. Le evidenze sperimentali indicano che gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) presenti nell'aria ambiente e in particolare il Benzo(a)pirene possono essere adsorbiti al particolato PM_{2.5}. Pertanto, l'esposizione al predetto particolato dà luogo anche all'esposizione agli IPA ed altre sostanze di analoghe proprietà fisico chimiche.

Le principali fonti di particolato sono 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.. Negli ambienti indoor, il particolato viene prodotto principalmente dal fumo di sigaretta e dai processi di combustione negli impianti di riscaldamento domestico, specialmente dai generatori di calore a biomassa legnosa di tipo tradizionale e a bassa efficienza (es. caminetti aperti, stufe a legna, stufe a pellet).

Tra gli effetti sanitari a breve termine in letteratura sono riportati irritazione degli occhi, del naso e della gola, aggravamento dei sintomi delle malattie coronariche e respiratorie.

Per quanto riguarda gli effetti sanitari a lungo termine, l'esposizione a particelle inalabili può danneggiare sia 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 (BPCO), 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.

- **il fumo di tabacco ambientale (ETS):** Il fumo di tabacco è costituito da un elemento detto *mainstream* e da uno detto *sidestream*. Il primo è il fumo inalato dai fumatori, filtrato dai polmoni e quindi espirato; il secondo è invece l'aerosol derivato direttamente dalla combustione della sigaretta. Il *sidestream* è il più importante fra i due, in quanto rappresenta il principale costituente dell'aerosol e di circa la metà della porzione corpuscolata dell'ETS. La composizione chimica si presenta fortemente eterogenea: sono stati individuati nel fumo ambientale circa 3800 composti e le principali sostanze tossiche 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 catrame e diversi composti poliaromatici. Circa 300-400 dei 3800 composti presenti nel fumo, sono stati isolati nel *sidestream* e tra questi composti, alcuni dei quali sono stati riconosciuti cancerogeni, sono presenti in concentrazioni superiori rispetto al *mainstream*.

Gli effetti sulla salute sono effetti cancerogeni soprattutto a carico dei polmoni, con aggravamento delle patologie cardio respiratorie acute e croniche.

- **l'amianto:** comprende 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 sono estremamente fini e 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 è cessata del tutto nel 1992, data a partire dalla quale questa sostanza non può più essere estratta né utilizzata per produrre manufatti (Legge 257/92).

In passato 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, si è diffuso particolarmente per la produzione di coperture in cemento amianto (lastre ondulate, tegole, piastrelle, ecc.). Tali prodotti, ancora presenti negli edifici esistenti, possono rappresentare una fonte di contaminazione di fibre nel caso siano degradati o danneggiati, ossia quando la matrice cementizia si deteriora. In ambito indoor, le fonti di fibre di amianto possono essere i rivestimenti isolanti di tubazioni, pannelli isolanti, linoleum e piastrelle per pavimenti, componenti in cemento amianto, ecc..

Gli effetti sulla salute a breve termine sono trascurabili, mentre quelli a lungo termine 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



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

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).

- le 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 sotto forma di:
 - lana, una massa di fibre intricate e discontinue di vari diametro e lunghezza, es. 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.
 - fibre ceramiche (FCR), prodotte attraverso processi chimici a temperature elevate, hanno un'estrema resistenza ad alte temperature, hanno bassa conducibilità termica, elettrica ed acustica.
 - filamenti, prodotte per fusione in filiere e successiva trazione, utilizzate principalmente per usi elettrici e come 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. Si suddividono in fibre aramidiche, poliacriliche, poliammidiche, poliolefiniche e poliviniliche. La classe maggiormente diffusa è quella delle fibre aramidiche ed in particolare le fibre para-aramidiche di dimensioni respirabili, note come *Respirable-sized Fiber-shaped Particulates* (RFP). Le fibre artificiali di origine organica trovano largo impiego nei materiali per l'isolamento termico e acustico degli edifici e come materiali di rinforzo per pavimenti, pannelli ecc.

Per quanto riguarda gli 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.

Con riferimento agli effetti sanitari a lungo termine, la IARC, nell'ambito del programma di rivalutazione dei rischi cancerogeni legati alle lane minerali, ha concluso che tali materiali 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. La 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 risultano, invece, 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, comparsa di placche pleuriche, disturbi e segni quali dispnea, affanno, tosse, irritazione pleurica.

Agenti fisici

Appartengono a questa classe i campi elettromagnetici (CEM), il rumore, e il radon:

- l'inquinamento elettromagnetico, come visto nell'apposito capitolo del presente Documento (cap. 4.3), è correlato alla generazione di campi elettromagnetici artificiali prodotti da impianti radio-TV e per telefonia mobile, impianti utilizzati per il trasporto e la trasformazione dell'energia elettrica e da tutti i dispositivi che per funzionare richiedono un'alimentazione di rete elettrica;
- l'inquinamento acustico è correlato alla propagazione di onde sonore che, per la loro intensità e durata, possono essere elementi di disturbo (cap. 4.2);
- il radon (Rn) 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 al particolato (PM) e agli aerosol atmosferici. Il radon viene prodotto dal suolo, soprattutto dalle rocce presenti nel sottosuolo – specie se di origine vulcanica (graniti, pozzolane, tufi, lave) in quanto particolarmente ricche di uranio



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

(progenitore del radon) – con sensibili fluttuazioni di concentrazione a seconda dell'ora del giorno o del periodo dell'anno. Esso riesce a penetrare nei luoghi chiusi a causa di differenze di pressione tra l'ambiente esterno e l'interno dell'edificio, correlate a loro volta alle differenze di temperatura tra questi ambienti, o all'azione del vento incidente su superfici contrapposte del fabbricato. L'unità di misura della concentrazione dell'attività del radon in aria è il Becquerel per metro cubo d'aria (Bq/m^3) ed indica il numero di decadimenti al secondo di una sostanza radioattiva.

Pur essendo il suolo la principale fonte del radon presente all'interno degli edifici, anche diversi materiali da costruzione ricavati da rocce o terreni di origine vulcanica (es. tufo, granito, porfidi, ecc.) sono sorgenti di radon, sebbene con un contributo secondario rispetto al suolo. L'ulteriore fonte secondaria di radon indoor è data dalle acque sotterranee che possono contenere tale gas in forma disciolta. Questo, in seguito ad un incremento di temperatura dell'acqua, può liberarsi negli ambienti interni.

Effetti sulla salute⁹⁹: Il principale danno per la salute (e l'unico per il quale si abbiano al momento evidenze epidemiologiche) legato all'esposizione al radon è un aumento statisticamente significativo del rischio di tumore polmonare. Infatti, il radon rappresentante la seconda causa del tumore polmonare (dopo il fumo attivo); il rischio di tumore polmonare aumenta proporzionalmente all'aumentare della concentrazione di radon e alla durata dell'esposizione. Esiste inoltre una sinergia tra esposizione al radon e fumo da tabacco: i fumatori esposti al radon presentano un rischio circa 15 volte superiore rispetto ai non fumatori esposti alle stesse condizioni. Al riguardo si evidenzia che, come risulta dal Sistema di Sorveglianza Passi - periodo 2016-2019, 1 sardo su 4 fuma (25,2%), valore simile a quello nazionale (25,3%). A livello mondiale, il radon è considerato il contaminante radioattivo più pericoloso negli ambienti chiusi ed è stato valutato che il 50% circa dell'esposizione media delle persone a radiazioni ionizzanti è dovuto al radon. In realtà, il pericolo per la salute dell'uomo viene non tanto dal radon in sé, ma dai suoi prodotti di decadimento che, essendo elettricamente carichi, si attaccano al particolato dell'aria e penetrano nel nostro organismo tramite le vie respiratorie. Quando questi elementi "figli" si attaccano alla superficie dei tessuti polmonari, continuano a decadere e a emettere particelle alfa che possono danneggiare in modo diretto o indiretto il DNA delle cellule. Se il danno non è riparato correttamente dagli appositi meccanismi cellulari, può evolversi dando origine a un processo cancerogeno.

Agenti biologici

Gli agenti biologici presenti negli ambienti indoor sono rappresentati da particelle organiche (bio-aerosol) comprendenti microrganismi (funghi, batteri, virus, parassiti, protozoi), allergeni indoor (acari della polvere, allergeni di derivazione vegetale e animale, i funghi) e muffe. Nell'aria indoor possono essere presenti anche i pollini, allergeni tipicamente outdoor che penetrati dall'esterno possono accumularsi negli ambienti indoor, specialmente nelle stagioni primaverili.

La tabella seguente riporta in via sintetica le principali fonti interne ed inquinanti dell'aria indoor.

FONTI	INQUINANTI
Processi di combustione a gas o carbone per riscaldare e/o cucinare, camini e stufe a legna, gas di scarico veicoli	Prodotti di combustione (CO, NO _x , SO ₂ , particolato)
Materiali da costruzione e isolanti	Amianto, fibre vetrose artificiali, Particolato, Radon; Agenti biologici (per presenza di umidità e/o polvere)
Materiali di rivestimento e moquette	Formaldeide, acrilati, COV e Agenti biologici (per presenza di umidità e/o polvere)
Arredi	Formaldeide, COV e Agenti biologici (per presenza di umidità e/o polvere)
Liquidi e prodotti per la pulizia	Alcoli, fenoli, COV
Fotocopiatrici	Ozono (O ₃), polvere di toner, idrocarburi volatili (COV)

⁹⁹ Istituto Superiore di Sanità – Radon (link: <https://www.iss.it/web/guest/rapporti-istisan>)



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Fumo di sigaretta	Idrocarburi policiclici, COV formaldeide, CO, particolato fine
Impianti di condizionamento	CO ₂ e COV (per scarso numero di ricambi orari o eccesso di riciclo); Agenti biologici (per mancanza di pulizia/manutenzione)
Polvere	Agenti biologici (allergeni indoor: acari)
Individui	CO ₂ e Agenti biologici (batteri, virus, ecc.)
Animali	Allergeni indoor (peli, ecc.)
Sorgenti naturali (lave, tufi, graniti, ecc.)	Radon

Tabella 4.9: principali sorgenti interne ed inquinanti dell'aria indoor

Fonte: https://www.salute.gov.it/portale/temi/p2_6.jsp?id=4389&area=indor&menu=vuoto

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).

L'Organizzazione Mondiale di Sanità (OMS) ha stimato che, nel 2012, circa 3,5 milioni persone sono decedute a causa dell'inquinamento indoor.

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 alla qualità dell'aria indoor, approfondendone i vari aspetti, da quelli più strettamente tecnici a quelli economici. In particolare, nel rapporto *ISTISAN 13/39 del 2013*¹⁰⁰, 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

Tabella 4.10: Valutazione quantitativa dell'impatto sulla salute della popolazione e dei costi diretti per l'assistenza sanitaria attribuibili ogni anno agli inquinanti indoor. (Rapporto ISTISAN 13/39 2012).

La sola valutazione degli impatti sulla salute della popolazione e dei costi diretti per l'assistenza sanitaria necessaria per far fronte alla cura delle patologie correlate all'inquinamento indoor dovrebbe suscitare, senza dubbio, una maggiore attenzione nel garantire la salubrità degli edifici, in particolar modo di quelli ad uso abitativo, considerata la prolungata permanenza negli ambienti interni da parte della popolazione e, soprattutto, dei soggetti più vulnerabili (bambini, anziani e disabili). È dunque necessario rafforzare le azioni di prevenzione primaria da porre in essere per ridurre le malattie non trasmissibili.

La modalità più frequente di esposizione agli inquinanti indoor è quella per via inalatoria, a cui seguono l'esposizione per ingestione e per contatto dermico. 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.

Le esposizioni possono essere temporanee ma con dosi elevate, determinando così effetti acuti anche gravi o mortali. Sono un esempio le intossicazioni da monossido di carbonio o reazioni a sostanze caustiche o

¹⁰⁰ <https://www.iss.it/web/quest/rapporti-istisan>



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

irritanti. In altre circostanze si possono verificare esposizioni prolungate nel tempo che anche a dosi ridotte danno luogo a reazioni allergiche.

Oltre a questo, sempre più frequenti le patologie croniche che colpiscono non solo i classici organi bersaglio dei contaminanti dell'aria (apparato respiratorio, cute, mucose) ma anche gli apparati ed organi non direttamente esposti (sistema nervoso, endocrino, immunologico). Infatti, sono state descritte delle sindromi associate alla scarsa qualità dell'aria indoor e caratterizzate da manifestazioni sintomatologiche riconducibili ad effetti neurosensoriali responsabili di condizioni di malessere e discomfort.

Per maggiori approfondimenti sugli inquinanti dell'aria indoor e sulle relative patologie connesse all'esposizione a tali inquinanti si rimanda al documento recante "*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*", adottato dalla Giunta Regionale della Regione Autonoma della Sardegna con Deliberazione n. 5/31 del 29.01.2019 nella quale viene stabilito che tali Indirizzi dovranno essere tenuti in debito conto nella predisposizione del Regolamento Edilizio Unico Regionale da parte della Direzione generale della Pianificazione Urbanistica Territoriale e della Vigilanza Edilizia dell'Assessorato Assessorato degli Enti Locali, Finanze e Urbanistica.

I suddetti Indirizzi e la DGR n. 5/31 del 29.01.2019 sono disponibili nella pagina *SardegnaSalute* del portale istituzionale della Regione Autonoma della Sardegna al seguente indirizzo:

<https://www.sardegnasalute.it/index.php?xsl=316&s=9&v=9&c=93932&na=1&n=10>

Finalità
Ridurre l'esposizione della popolazione agli inquinanti dell'aria indoor.
Obiettivi prestazionali sanitari e ambientali
Assicurare una elevata qualità dell'aria indoor attraverso la corretta progettazione dei sistemi di ventilazione (naturale e/o meccanica) a servizio degli edifici, la scelta ed il corretto utilizzo di materiali da costruzione, l'adozione di strategie progettuali e tecniche costruttive finalizzate a prevenire l'ingresso e l'accumulo di contaminanti nell'edificio, tra cui anche il radon, e/o misure finalizzate alla riduzione delle concentrazioni di tali inquinanti negli ambienti indoor.
Buone pratiche
In virtù della forte correlazione tra la qualità dell'aria indoor e l'inquinamento dell'aria esterna, al fine di limitare l'ingresso di inquinanti atmosferici all'interno dei locali di un edificio, valgono tutte le buone pratiche riportate nel capitolo 4.1, relativo alla riduzione dell'esposizione all'inquinamento atmosferico, a partire, ad esempio, dalla scelta dell'ubicazione dell'edificio in relazione al contesto e alla destinazione d'uso dell'edificio stesso, così come le misure orientate a ridurre l'esposizione agli inquinanti derivanti dal traffico veicolare e dal riscaldamento domestico.
<u>Aerazione, ventilazione naturale e ventilazione meccanica dei locali</u>
<i>Edifici ad uso residenziale</i>
Laddove la qualità dell'aria esterna sia buona (cat. ODA ¹⁰¹ rif. UNI EN 16798-3 e ss.mm.ii.) attuare l'aerazione/ventilazione naturale diretta in tutti i locali in cui sia prevista una possibile occupazione da parte di persone, anche per intervalli temporali ridotti. Detta aerazione/ventilazione deve essere assicurata tramite superfici apribili misurate in funzione della superficie calpestabile del locale. Qualora la superficie apribile non sia sufficiente e non possa essere incrementata, integrare l'aerazione naturale con sistemi di ventilazione meccanica.
Adottare sistemi di riscaldamento domestico caratterizzati da basse emissioni di inquinanti in aria (cfr. cap. 4.1). In particolare:
- prevedere, a partire dalla fase progettuale dell'edificio, la realizzazione di impianti di riscaldamento

¹⁰¹ Aria esterna che può essere inquinata solo temporaneamente da polveri (es. pollini)



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

domestico ad alta efficienza ed a basse emissioni, dotati di generatori di calore di ultima generazione (es. generatori di calore alimentati a biomassa (legna o pellet) con almeno 4 stelle (dotati di certificazione ambientale secondo la classificazione di cui al Decreto Ministeriale 7 novembre 2017, n. 186), o pompe di calore elettriche, a gas, geotermiche, caldaie a GPL, gas di città (o a gas naturale quando disponibile);

- in occasione di interventi di ristrutturazione e/o di riqualificazione energetica dell'edificio, prevedere, laddove possibile, la sostituzione integrale di impianti termici tradizionali alimentati da biomassa legnosa (es. camini aperti, stufe a legna) con impianti termici ad alta efficienza, come quelli sopra riportati;
- programmare la manutenzione periodica degli impianti di riscaldamento domestico alimentati a biomassa legnosa, al fine di garantire il mantenimento di elevate efficienze di combustione e minimizzare mal funzionamenti che possono essere causa dell'incremento di emissioni di inquinanti in aria (indoor e outdoor).

Edifici ad uso non residenziale

Realizzare 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.

Per tutte le destinazioni d'uso

Attuare le azioni finalizzate al raggiungimento dei più alti livelli di qualità dell'aria interna, ad esempio: Categoria I del Metodo 2 – “metodo che utilizza valori limite per la concentrazione di inquinanti” – della UNI EN 16798-1:2019 e s.m.i.. Se si utilizza CO₂ come principale indicatore della qualità dell'aria interna, la suddetta norma UNI prevede i seguenti valori di concentrazione limite:

Categoria	Limite della concentrazione di CO₂ da sommare alla concentrazione esterna (ppm)	Limite della concentrazione di CO₂ con concentrazione esterna di 450 ppm
Categoria I	550	1000
Categoria II	800	1250
Categoria III	1350	1800
Categoria IV	1350	1800

Qualora sia necessario ricorrere alla ventilazione meccanica controllata – a causa, ad esempio, della insufficiente aerazione e/o ventilazione naturale, o perché la qualità dell'aria esterna sia tale da arrecare danno alla salute – realizzare gli impianti limitando la dispersione termica, il rumore, il consumo di energia, l'ingresso dall'esterno di agenti inquinanti (ad es. polveri, pollini, insetti ecc.) e di aria calda nei mesi estivi, conformemente alle disposizioni contenute nelle norme tecniche di settore e nei regolamenti cogenti. Laddove possibile, prevedere l'installazione di dispositivi di abbattimento di virus e batteri integrati al sistema di ventilazione meccanica controllata.

Laddove possibile, adottare sistemi di domotica per il controllo automatico e la gestione coordinata degli impianti tecnologici integrati nei locali (sistemi di ventilazione e riscaldamento, sistemi di purificazione dell'aria interna, schermature solari) eventualmente connessi ai dispositivi di misura dei parametri ambientali (temperatura, umidità, concentrazione di inquinanti indoor).

Adottare, laddove possibile, 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.

Garantire idonea ventilazione/numero di ricambi d'aria anche negli ambienti privi di aperture verso l'esterno (es. bagni) attraverso idonei sistemi di aerazione forzata. L'efficienza del ricambio di aria/ventilazione si misura in base ai volumi/ora o ai litri/secondo/persona, ossia alla capacità di ricambiare l'aria interna con aria



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

esterna, o aria di ricircolo trattata non contenente particelle contaminanti. L'Organizzazione mondiale della sanità (OMS; o World Health Organization, WHO) considera ottimale un ricambio dell'aria pari ad un valore indicativo di almeno 10 L/secondo/persona. L'aria di ricircolo fornita non sostituisce in nessuna maniera i ricambi dell'aria, che avviene mediante introduzione di «aria fresca esterna», quindi le finestre e i balconi devono essere aperti per pochi minuti ad intervalli regolari, per creare la ventilazione intermittente. L'utilizzo dei purificatori/sanificatori/igienizzatori senza ingresso di aria esterna, potrebbe non ridurre i livelli e le concentrazioni di alcune sostanze (es. CO₂) e potrebbe anche causare false allerte da sensori che rilevano nell'ambiente i livelli di queste sostanze per usarli come indicatori di qualità dell'aria indoor e comunque potrebbe non rimuovere tutti gli agenti, come accade quando viene effettuato il ricambio dell'aria esterna non inquinata. In ambienti in cui non risulta possibile aprire le finestre, il ricambio d'aria può essere soddisfatto da aria esterna pulita in percentuale compatibile con la potenza degli apparecchi di trattamento aria¹⁰².

Assicurare l'aspirazione di fumi, vapori, ed esalazioni nei punti prossimi alla loro generazione (es. cucine, gabinetti, ecc.).

Valutare i possibili contrasti tra le misure tecniche da adottare per l'ottenimento di buoni livelli 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.

Biocompatibilità ed ecosostenibilità dei materiali da costruzione

Utilizzare materiali a bassa emissività di inquinanti chimici (es. COV e formaldeide). Prediligere l'uso di tessuti in fibre naturali, cere ed olii naturali per la manutenzione degli arredi in legno e detersivi a base vegetale.

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*".

Utilizzare materiali a basso indice di Radioattività (I): i materiali che hanno un valore di $I \leq 0.5$ 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).

Riduzione della concentrazione del radon in aria negli ambienti indoor

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 di attività radon conformi a quanto previsto dalla normativa vigente¹⁰³.

¹⁰² DPCM 26 luglio 2022. Linee guida sulle specifiche tecniche in merito alla adozione di dispositivi mobili di purificazione e impianti fissi di aerazione e agli standard minimi di qualità dell'aria negli ambienti scolastici e in quelli confinati degli stessi edifici.

¹⁰³ Al momento della redazione del presente Documento, i limiti di concentrazione di attività radon in aria sono definiti dal D.Lgs. 101/2020 recante "*Attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, che 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,*



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

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 attività radon, tra cui, ad esempio:

- sigillatura delle discontinuità strutturali e degli interstizi attorno a condotte, pozzetti, ecc.;
- isolamento dell'edificio mediante l'uso di idonee membrane radon-impermeabili;
- aerazione e ventilazione naturale dei vespai, dei vani tecnici o dei locali interni;
- depressurizzazione/pressurizzazione del vespaio o dei vani tecnici;
- 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";
- pressurizzazione dei locali;
- ventilazione meccanica controllata dei locali.

Strumenti di verifica

Documentazione progettuale dell'edificio contenente le seguenti informazioni:

- dimensionamento dei sistemi di ventilazione naturale e meccanica, con identificazione delle caratteristiche del sistema e dei componenti impiantistici;
- caratteristiche dei materiali costruttivi e certificazioni inerenti alle proprietà fisiche degli stessi, con particolare attenzione all'eventuale cessione di sostanze in aria.
- descrizione degli impianti di riscaldamento domestico, con particolare attenzione alle caratteristiche prestazionali dei generatori di calore a biomassa legnosa;
- descrizione delle soluzioni finalizzate a ridurre la contaminazione dell'aria indoor da fibre vetrose ed organiche;
- descrizione delle soluzioni finalizzate a ridurre l'infiltrazione di acqua, la formazione di umidità e muffe, specialmente nelle parti di edificio esposte a nord e nei muri controterra;
- descrizione delle misure adottate per la prevenzione dell'ingresso di radon negli edifici;
- descrizione delle misure di risanamento adottate per la riduzione della concentrazione di attività di radon in aria negli ambienti indoor.

Approfondimenti

Il ricambio dell'aria all'interno di un ambiente indoor può avvenire principalmente per via naturale (aerazione e ventilazione naturale), per via meccanica o per via ibrida. Di seguito alcuni elementi utili a comprendere i principali aspetti che regolano tali processi:

Aerazione

Come è noto, la modalità più semplice di ricambio d'aria interna per immissione di aria proveniente dall'esterno si effettua attraverso l'aerazione dei locali, compiuta in genere mediante l'apertura degli infissi esterni (finestre/portefinestre) da parte degli occupanti. 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 alcun processo di regolazione termoisometrica. 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 e umidità esterna, o laddove si registra l'inquinamento cronico dell'aria esterna.

96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom e riordino della normativa di settore in attuazione dell'articolo 20, comma 1, lettera a), della legge 4 ottobre 2019, n. 117". In particolare, l'art. 12 del predetto Decreto fissa i livelli massimi di riferimento della concentrazione di attività di radon in aria, espressi in termini di valore medio annuo. Tali livelli massimi sono pari a: 300 Bq/m³ per le abitazioni esistenti, 200 Bq/m³ per le abitazioni costruite dopo il 31 dicembre 2024 e 300 Bq/m³ per i luoghi di lavoro.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Il meccanismo dell'aerazione avviene principalmente per effetto del vento incidente sull'involucro edilizio: una corrente d'aria che colpisce un edificio dà 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 4.8). Tale gradiente di pressione rappresenta il motore dei flussi naturali dell'aria, che si muovono da zone ad alta pressione verso quelle a bassa pressione.

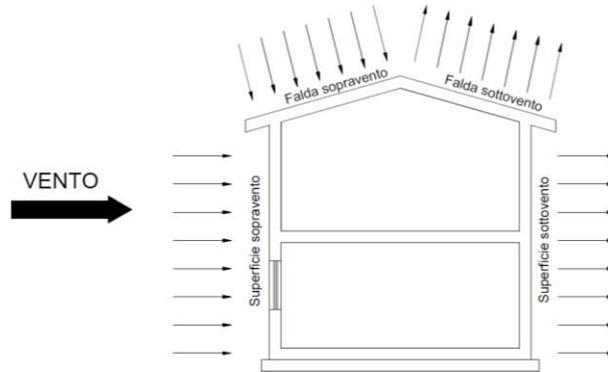


Figura 4.8: effetto del vento.

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. Al fine di ottimizzare la distribuzione dell'aria esterna negli ambienti interni, qualora non vi siano ostruzioni all'interno dei locali, si deve prediligere l'ubicazione delle aperture in posizione contrapposta (Figura 4.9a) o in alternativa, ma con meno efficacia nella velocità del ricambio d'aria, ubicare le aperture verso l'esterno nel lato in pressione ed in quello adiacente (Figura 4.9b). Qualora invece le aperture siano ubicate unicamente nel lato sottovento e nelle pareti adiacenti l'effetto dell'aerazione risulta fortemente attenuato ((Figura 4.9c).

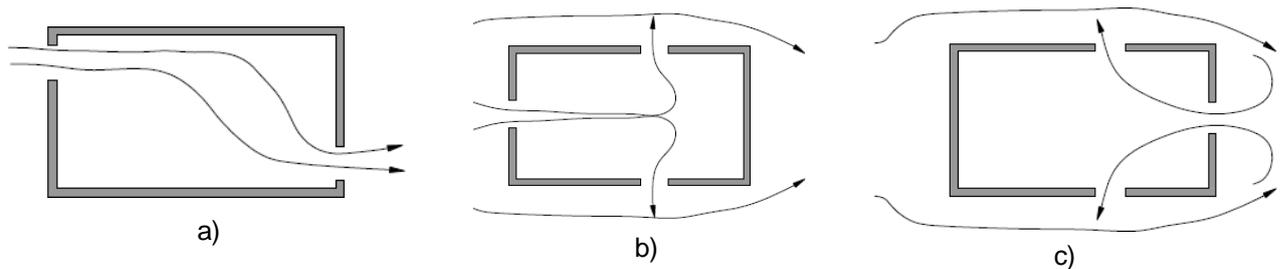


Figura 4.9: configurazione dei flussi d'aria in relazione alla ubicazione delle aperture ed alla presenza ed orientamento di ostacoli interni.

Qualora in fase progettuale non sia possibile ottimizzare l'aerazione naturale dei locali attraverso la scelta delle migliori condizioni di orientamento dell'edificio e/o della configurazione planimetrica dei locali, è importante curare la scelta della tipologia di infissi esterni da installare e della possibilità di orientare le chiusure per regolare e modulare i flussi d'aria in ingresso, così da ottimizzare la distribuzione dei ricambi d'aria (Figura 4.10).



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

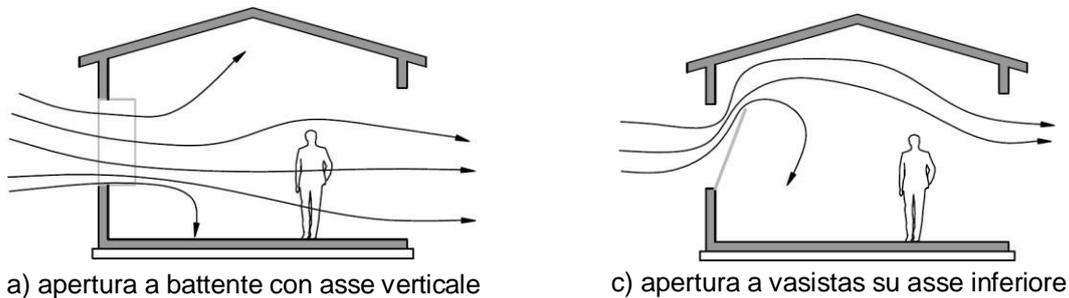


Figura 4.10: Esempi di orientamento del flusso d'aria entrante in relazione alla tipologia di apertura degli infissi.

Ventilazione naturale

La ventilazione naturale si basa sugli stessi principi fluidodinamici precedentemente esposti; tuttavia, si vuole mantenere la distinzione rispetto al concetto di "aerazione", in quanto la ventilazione naturale di un edificio può e dovrebbe essere oggetto di una specifica attività di pianificazione e progettazione.

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;
- controllare i flussi d'aria attraverso sistemi accuratamente progettati, effettuando una valutazione approfondita dei flussi d'aria in relazione alle variazioni meteorologiche esterne;
- individuare le aree nei quali attuare la sovrappressione/depressurizzazione dei locali, al fine di garantire un buon ricircolo dell'aria (es. in ambito residenziale: soggiorno e camere in sovrappressione, cucina e bagni in depressione);
- garantire un comfort acustico soddisfacente in quanto 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 considerare appositi sistemi di vigilanza e allarme.

Al fine di delineare e ottimizzare gli aspetti 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 naturale 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, sia per la calibrazione del modello e la sua validazione. È 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).

Nella Figura 4.11 e Figura 4.12 sono riportate alcune rappresentazioni schematiche inerenti all'effetto dell'orientamento e dell'altezza dell'edificio sul flusso d'aria, in prossimità della struttura stessa.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

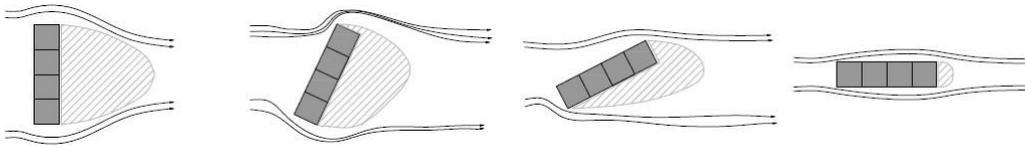


Figura 4.11: influenza di forma ed orientamento dell'edificio.

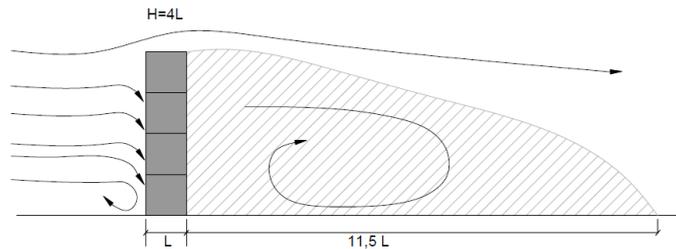


Figura 4.12: influenza dell'altezza dell'edificio.

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

La prima si basa sulle differenze di pressione tra le superfici sopravento e sottovento e attraverso opportune formulazioni fisiche è possibile determinare la portata d'aria entrante nell'edificio indotta dal vento. La seconda tipologia di ventilazione naturale è correlata alle differenze di temperatura tra l'ambiente interno ed esterno dell'edificio che 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 dà 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.

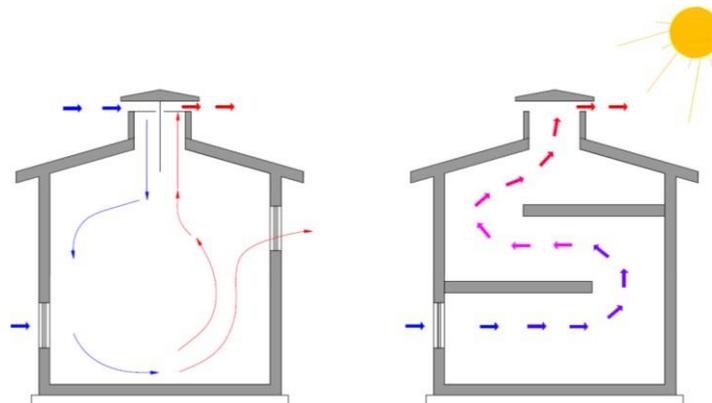


Figura 4.13: effetto camino.



È possibile combinare la ventilazione indotta dal vento e l'effetto camino adottando elementi costruttivi che incrementano la portata d'aria in uscita quali, ad esempio, i torrini di ventilazione dotati di finestrate con deflettori orientabili (Figura 4.14) che 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.

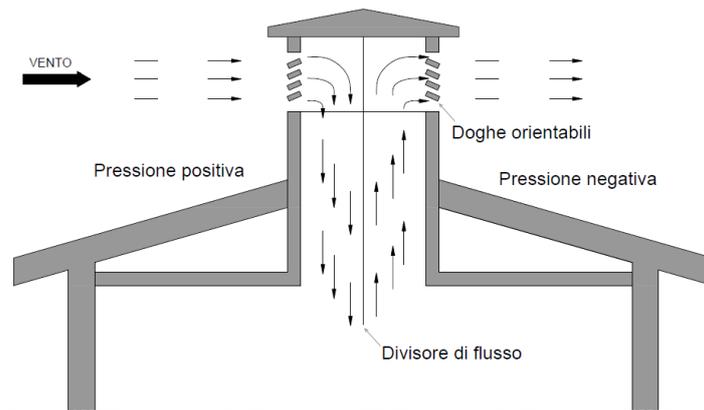


Figura 4.14: combinazione della ventilazione indotta dal vento e dell'effetto camino mediante torrino di ventilazione.

Inoltre, si citano alcuni dispositivi che, installati negli infissi esterni o in apposite aperture d'aerazione, possono regolare le portate dei flussi di ventilazione naturale in modo automatico. Sono un esempio i dispositivi di ventilazione integrati ai serramenti che effettuano la regolazione della portata d'aria entrante attraverso il movimento di una membrana azionata automaticamente dal vento e alla pressione indotta su di essa, e i dispositivi di immissione igroregolabili. Questi ultimi regolano la portata d'aria entrante in relazione al tasso di umidità relativa degli ambienti interni, variabile in base al grado di occupazione del locale. È dunque possibile mettere in atto la ventilazione naturale selettiva nei locali occupati.

Ventilazione meccanica controllata (VMC)

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) 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. È possibile distinguere due macro tecnologie di VMC:

- VMC a semplice flusso;
- VMC a doppio flusso.

La prima tipologia consiste in un sistema composto da 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 eccessive perdite di carico o che l'aria non raggiunga velocità troppo elevate che inciderebbero negativamente sul comfort abitativo. La ventilazione può essere igroregolabile e, rispetto alla VMC a doppio flusso, è una tecnologia più semplice, più economica e può essere applicata anche in edifici esistenti.

Nella VMC a doppio 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



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

sotto il profilo energetico, che garantisce contestualmente il ricambio dell'aria nei locali ed il trattamento termico dell'aria in ingresso, mantenendo nel tempo un elevato comfort abitativo.

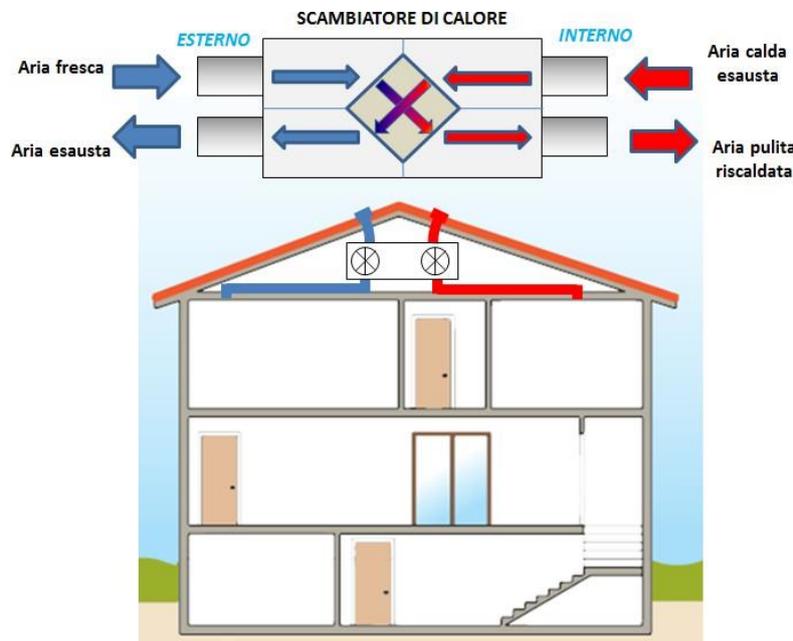


Figura 4.15: ventilazione meccanica controllata (VMC) con recupero di calore.

La VMC a doppio flusso è certamente un sistema più complesso rispetto al precedente, sia da installare che da gestire, ed è caratterizzato da costi di installazione decisamente superiori. Di contro garantisce il trattamento dell'aria in ingresso attraverso dispositivi di filtrazione e, come anticipato, consente l'integrazione di sistemi di recupero di calore che contribuisce alla riduzione dei consumi energetici dell'edificio.

Ventilazione ibrida

I sistemi di ventilazione ibrida (naturale/meccanica) sono più comuni nei grandi edifici. Con questi sistemi, in genere, viene 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 attività di manutentive.

Il gas radon negli ambienti indoor

Come anticipato nella sezione "*Impatti ambientali e sanitari*" del presente capitolo, il radon costituisce uno dei principali contaminanti dell'aria indoor e come tale ha un forte impatto sulla salute umana. È dunque fondamentale mettere in atto le strategie per la riduzione delle concentrazioni di tale contaminante, sia nei casi di realizzazione di nuovi edifici (misure di prevenzione), sia nel caso di edifici esistenti (interventi di risanamento).

È opportuno, in primo luogo, conoscere i meccanismi che determinano la presenza del radon nell'edificio: come anticipato, la principale fonte di radon indoor è costituita dal suolo su cui è ubicata la struttura; le rocce di origine vulcanica (es. graniti, porfidi, tufi, ecc.) possono contenere Uranio-238, principale precursore del gas radon. A causa dei fenomeni di ventilazione precedentemente descritti, quali l'azione del vento e l'effetto di moti convettivi (effetto camino), possono essere indotti dei flussi d'aria ascendenti che, permeando



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

attraverso le superfici di interfaccia tra suolo ed involucro dell'edificio, possono determinare l'ingresso di radon nei locali a diretto contatto con il suolo. Questo processo può essere amplificato dalla presenza di discontinuità dell'involucro dell'edificio che mettono in comunicazione il suolo ed i locali interni (es. aperture per il passaggio condotte, fessurazioni murarie, pozzetti di ispezione, ecc.).

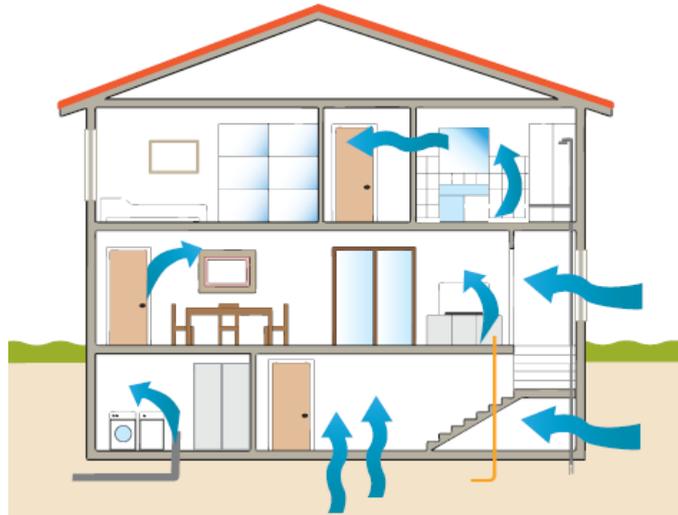


Figura 4.16: meccanismi di ingresso e diffusione del radon nei locali di un edificio (Fonte: opuscolo di convegno "Abitare sostenibile e rischio radon". Nuoro 21.10.2019)

La concentrazione di radon in aria all'interno di un edificio è fortemente variabile nell'arco della giornata e delle stagioni e, inoltre, è influenzata da molteplici fattori quali, ad esempio, la conformazione strutturale dell'edificio, le modalità di funzionamento degli impianti di ventilazione, le condizioni di utilizzo dei locali da parte degli occupanti.

Le misure correttive intese a ridurre le concentrazioni di radon negli edifici sono molteplici e caratterizzate da differenti efficienze di risanamento, oltre che da diversi gradi di complessità per la loro progettazione e attuazione. In via generale si possono distinguere due macro categorie di interventi di prevenzione/risanamento: interventi di tipo passivo e interventi di tipo attivo. Questi ultimi si distinguono dai primi per l'utilizzo di dispositivi di ventilazione che richiedono l'alimentazione elettrica.

Di seguito si citano alcuni esempi:

Interventi di tipo passivo:

- sigillatura di fessure/intercapedini di pavimento e pareti;
- aerazione/ventilazione naturale dei locali seminterrati/al piano terra;
- ventilazione naturale del vespaio o del terreno sotto soletta controterra;
- ventilazione naturale del cavedio perimetrale;
- isolamento della struttura mediante membrane impermeabili al radon (o altro sistema equivalente) applicata internamente o esternamente.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

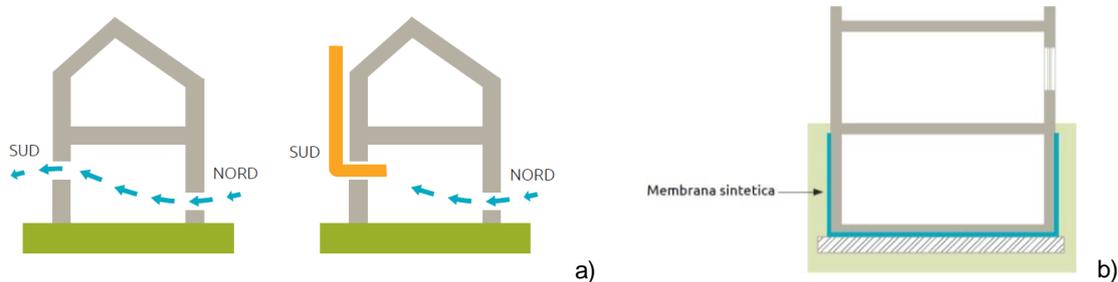


Figura 4.17: esempi di interventi di risanamento/prevenzione di tipo passivo. a) ventilazione naturale del vespaio o del terreno sotto soletta controterra; b) isolamento della struttura mediante membrane impermeabili al radon (Fonte: opuscolo di convegno "Abitare sostenibile e rischio radon". Nuoro 21.10.2019)

Interventi di tipo attivo:

- installazione di un sistema di pressurizzazione/depressurizzazione del vespaio;
- aspirazione meccanica dal sistema di condotte di drenaggio dell'acqua;
- installazione di pozzetti di drenaggio radon o corpo drenante perimetrale con aspiratore;
- installazione di un sistema di pressurizzazione/depressurizzazione del suolo sotto soletta;
- installazione di un sistema di pressurizzazione degli ambienti di lavoro;
- ventilazione degli ambienti con ventilazione meccanica controllata;
- ventilazione degli ambienti con ventilazione meccanica controllata e recupero di calore.

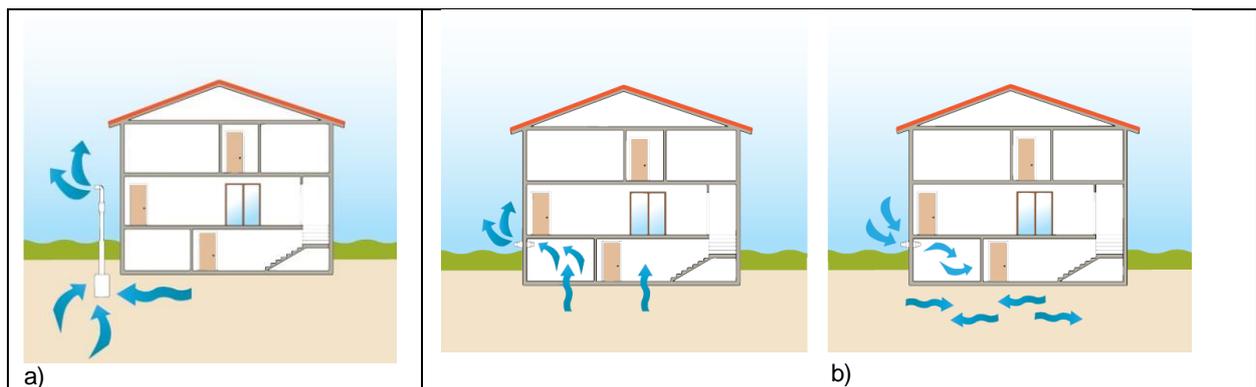


Figura 4.18: esempi di interventi di risanamento/prevenzione di tipo attivo. a) pozzetto di drenaggio radon esterno all'edificio; b) ventilazione meccanica degli interrati/seminterrati (Fonte: opuscolo di convegno "Abitare sostenibile e rischio radon". Nuoro 21.10.2019)

Per ulteriori approfondimenti sugli argomenti inerenti all'aerazione, la ventilazione naturale e la ventilazione meccanica, nonché sulle principali tecniche di risanamento degli edifici dal radon, si rimanda all'allegato C del già citato documento regionale "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", disponibile al seguente link: <https://www.sardegناسalute.it/index.php?xsl=316&s=9&v=9&c=93932&na=1&n=10>

In merito alle tematiche finora trattate nella presente sezione di approfondimento, nell'ambito della valutazione della qualità dell'ambiente indoor, la Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.2019 riporta i seguenti criteri prestazionali:

- D2.1 *Efficacia della ventilazione naturale*: orientato al calcolo di uno specifico *coefficiente d'efficacia di ventilazione naturale*, da confrontare con i parametri di riferimento di una apposita scala prestazionale, il cui valore dipendente dal numero di aperture, dalla loro collocazione, dalla esposizione dell'edificio, dall'area di superficie apribile e dal meccanismo di apertura dei serramenti.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

- D2.2 *Qualità dell'aria e ventilazione meccanica*: orientato al calcolo di uno specifico *coefficiente d'efficacia di ventilazione meccanica*, da confrontare con i parametri di riferimento di una apposita scala prestazionale.
- D2.3 *Radon*: finalizzato a verificare la presenza/assenza di strategie progettuali per il controllo dell'ingresso del radon negli edifici. Anche per tale criterio è disponibile una scala prestazionale che individua come condizione ottimale la presenza di più strategie combinate di controllo della migrazione del gas radon nei locali, associata al monitoraggio della concentrazione di tale contaminante mediante specifiche misurazioni.

Biocompatibilità ed ecosostenibilità in edilizia

Tra i temi più attuali che coinvolgono il settore dell'edilizia vi sono gli aspetti del costruire in chiave ecoefficiente, adottando il binomio della biocompatibilità e sostenibilità delle costruzioni, al fine di mitigare gli impatti ambientali attraverso la riduzione delle emissioni di inquinanti, ridurre il consumo di risorse naturali e di energia, nonché migliorare il benessere degli individui e la qualità di vita dei cittadini.

È noto che, negli ambienti indoor, le emissioni derivanti da alcune tipologie di materiali da costruzione – quali, materiali isolanti sintetici e artificiali, vernici, laccature, solventi, rivestimenti sintetici di pareti e soffitti, ecc. – possono essere particolarmente dannose per la salute degli occupanti. Tale aspetto può essere aggravato dalle moderne tecniche costruttive che, con l'obiettivo di ottenere elevate prestazioni di isolamento termico/acustico dell'edificio ed il conseguente risparmio dei consumi energetici legati al riscaldamento e raffrescamento degli ambienti, danno luogo a edifici "ermetici" in cui i ricambi d'aria verso l'esterno sono limitati ed insufficienti per ridurre le concentrazioni degli inquinanti indoor.

Pertanto, una forte attenzione viene rivolta all'uso di materiali biocompatibili, in genere naturali, privi di sostanze nocive per l'ambiente e che non determinano emissioni dannose per l'uomo. Tali materiali contribuiscono ad ottenere un ambiente indoor salubre ed orientato al mantenimento nel tempo di elevati livelli di comfort.

Parallelamente a tale aspetto si associa il concetto di edificio ecosostenibile, ossia un edificio che, in tutte le fasi che riguardano la sua progettazione, costruzione, gestione e dismissione, è orientato alla tutela delle risorse naturali (aria, acqua, suolo) e alla riduzione dei dispendi energetici associati sia alla fase costruttiva dell'edificio sia alla conduzione dell'edificio stesso, in relazione alle necessità degli occupanti.

Un materiale viene definito ecosostenibile se tutta la filiera in cui questo viene prodotto, commercializzato ed utilizzato non determina rischi per la salute umana e per l'ambiente, non dà luogo all'eccessivo consumo di risorse non rinnovabili ed è caratterizzato, inoltre, dal poter essere riciclato o riutilizzato una volta dismesso.

Pertanto, in linea generale, i principali requisiti richiesti ai materiali da costruzione biocompatibili ed ecosostenibili sono i seguenti:

- assenza di rilascio di sostanze pericolose di natura chimica (gas, composti organici volatili VOC) o di natura microbiologica (formazione di muffe, funghi, virus, batteri), polveri, fibre o particelle radioattive;
- produzione con materie prime abbondanti in natura e rinnovabili;
- produzione attraverso processi efficienti dal punto di vista energetico con ridotte emissioni di inquinanti;
- assenza di rischi per i lavoratori nella fase di produzione e per gli utenti dopo la posa in opera;
- semplice ed efficace riciclabilità in fase di smaltimento e/o possibilità di riutilizzo del materiale tal quale;
- elevate proprietà di isolamento termico ed acustico.
- buone proprietà meccaniche e mantenimento delle prestazioni nel tempo.
- filiera produttiva corta, possibilmente di carattere locale.

Di seguito alcuni esempi materiali isolanti biocompatibili ed ecosostenibili.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Fibra di canapa	<ul style="list-style-type: none">- Traspirante- Igroscopico- Fonoassorbente- Immarcescibile e biodegradabile- Resistente alla muffa, agli insetti e ai parassiti- Resistente a trazione	Materiale biodegradabile che può essere reintrodotta nel ciclo produttivo dopo l'impiego o riutilizzata per la produzione di carta e cartone o utilizzata come combustibile per la produzione di energia. È utilizzata soprattutto per l'isolamento di intercapedini di pareti in legno o laterizio, coperture e sottopavimenti per eliminare il rumore da calpestio.
Sughero	<ul style="list-style-type: none">- Resistente all'acqua- Resistente agli insetti e roditori- Immarcescibile- Elevata inerzia termica- Fonoassorbente- Facile da posare in opera	Materiale sostenibile largamente utilizzato nell'edilizia in forma di pannelli come isolante termo-acustico, per l'isolamento di pareti interne ed esterne e coperture, o in forma di trucioli insufflati all'interno dei vuoti murari.
Fibra di lino	<ul style="list-style-type: none">- Elevate proprietà termo-acustiche- Traspirante- Elevata resistenza all'umidità	Materia prima rinnovabile con un veloce periodo di rigenerazione, altamente flessibile. I pannelli in fibra di lino vengono utilizzati per l'isolamento termoacustico di intercapedini di costruzioni in legno, per la realizzazione di cappotti interni e cappotti esterni ventilati, per la realizzazione di coperture ventilate, pareti divisorie e solai.
Fibra di legno	<ul style="list-style-type: none">- Ottime proprietà termiche e acustiche	Realizzata utilizzando residui di segheria. Può essere impiegata per la produzione di pannelli. Questi vengono utilizzati per l'isolamento di intercapedini di strutture in legno e muratura, cappotti, rivestimenti interni, coperture inclinate e piane e solai.
Fibra di cellulosa	<ul style="list-style-type: none">- Traspirante- Igroscopica- Ignifuga- Resistente a parassiti ed insetti	Ricavata dalla carta di giornale riciclata. Può essere utilizzata in fiocchi negli interventi di recupero edilizio, per l'isolamento di pareti e solai, insufflando il materiale nelle intercapedini d'aria. La stessa applicazione può avvenire nelle nuove costruzioni in legno. La fibra di cellulosa può essere utilizzata in pannelli, miscelata a fibre di poliestere che contribuiscono ad irrigidire il materiale.
Lana di pecora	<ul style="list-style-type: none">- Traspirante- Igroscopica- Eccellenti proprietà termo-acustiche- Autoestinguente- Anallergica	Opportunamente trattata al fine di evitare lo sviluppo di insetti infestanti, è utilizzata per la produzione di materassini e rotoli impiegati per l'isolamento termoacustico di intercapedini, pareti e coperture con strutture in legno, in cappotti interni ed esterni ventilati, in pareti divisorie interne e controsoffitti. Per il riempimento di piccole intercapedini vengono utilizzati fiocchi o trecce in lana di pecora.

I benefici del costruire adottando i principi della bioedilizia sono per lo più riconducibili alla riduzione dei costi gestionali dell'edificio che devono essere sostenuti nel tempo dagli occupanti e dal miglioramento delle condizioni di salute e del benessere degli occupanti. Seguono i fattori legati all'ottenimento di certificati che



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

attestano la qualità e le prestazioni dell'edificio e l'incremento del valore dell'edificio realizzato in chiave ecosostenibile (Figura 4.19).

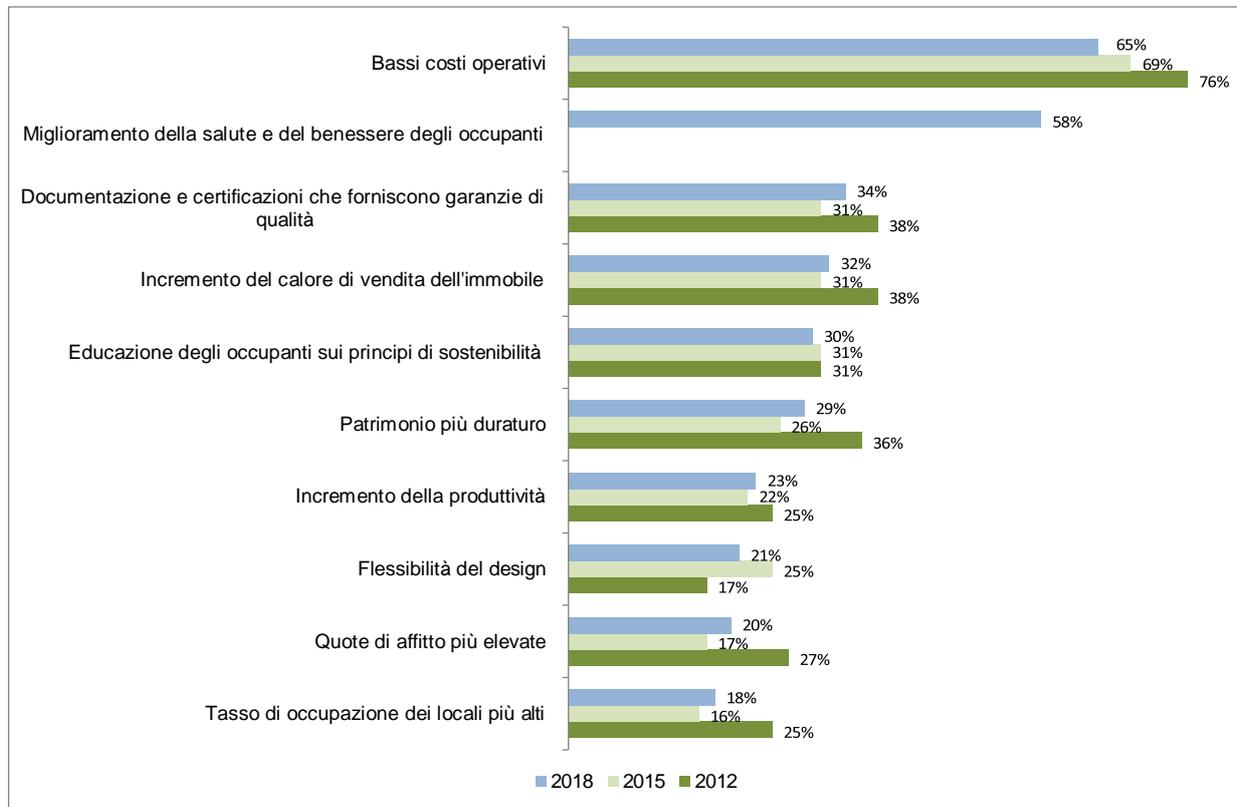


Figura 4.19: benefici più evidenti derivanti dalla bioedilizia Fonte: l'edilizia sostenibile nello scenario internazionale – Fonte: Polo di Innovazione Regionale per l'Edilizia Sostenibile in Calabria, 2019 (traduzione e adattamento).

Di contro, i principali fattori che ostacolano la diffusione delle tecniche costruttive tipiche della bioedilizia sono i costi elevati associati alle fasi realizzative dell'edificio, la mancanza di incentivi statali che favoriscano l'adozione di tali tecniche, il fatto che, allo stato attuale, la bioedilizia sia adatta esclusivamente a progetti che non “badano a spese” a causa della carenza di consapevolezza nel cittadino dei benefici indotti dal costruire in modo ecosostenibile e biocompatibile (Figura 4.20).



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

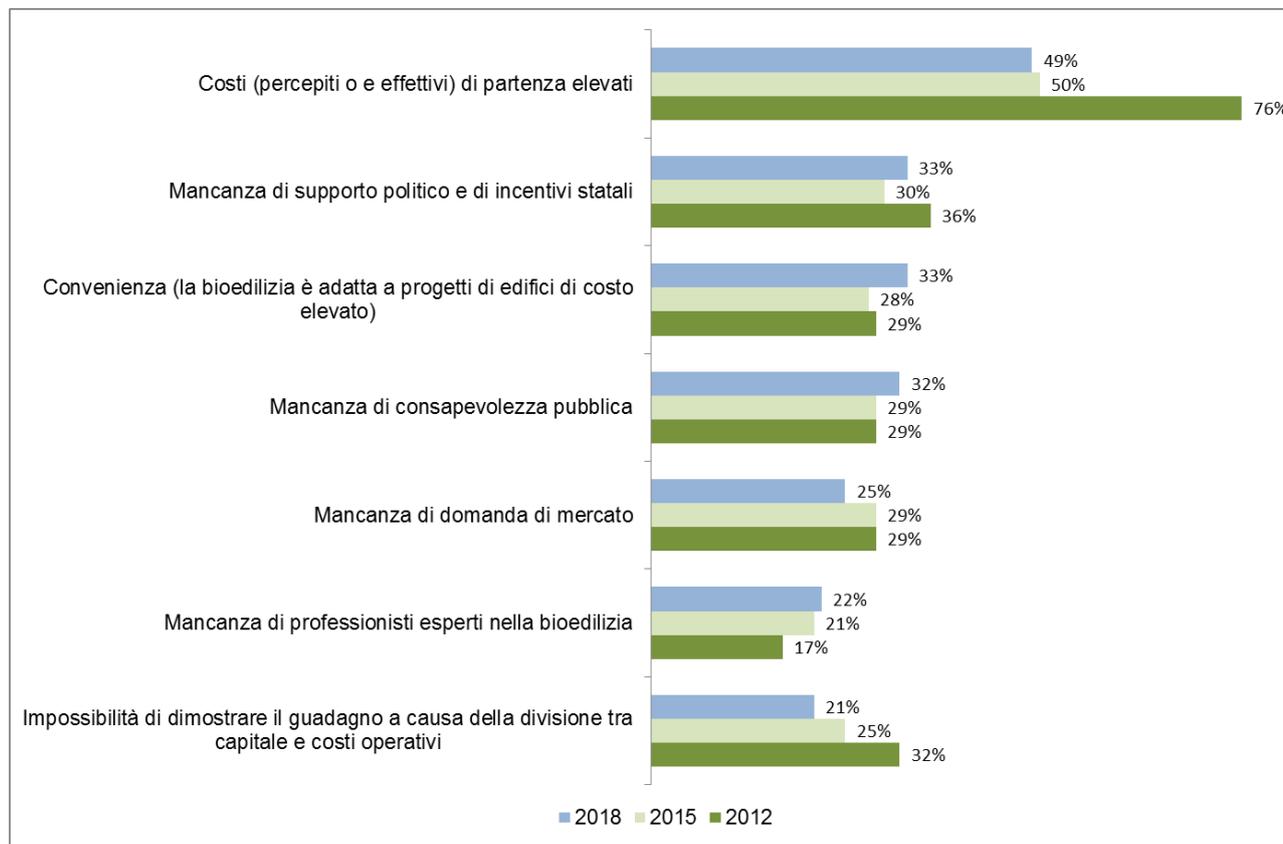


Figura 4.20: Principali ostacoli all'aumento dell'attività di bioedilizia. Fonte: l'edilizia sostenibile nello scenario internazionale – Fonte: Polo di Innovazione Regionale per l'Edilizia Sostenibile in Calabria, 2019 (traduzione e adattamento).

In Europa, ormai da tempo, viene favorita la strategia della sostenibilità nell'ambito degli appalti delle Pubbliche Amministrazioni, orientata all'economia circolare e al sostegno dell'analisi del ciclo di vita dei materiali, dei servizi e dei lavori, con l'obiettivo di premiare le scelte che adottano dei criteri progettuali ed operativi attenti all'ambiente, al risparmio delle risorse e socialmente virtuosi. A tal proposito, la Commissione Europea ha introdotto lo strumento strategico del *Green Public Procurement (GPP)* "l'approccio in base al quale le Amministrazioni Pubbliche integrano i criteri ambientali in tutte le fasi del processo di acquisto, incoraggiando la diffusione di tecnologie ambientali e lo sviluppo di prodotti validi sotto il profilo ambientale, attraverso la ricerca e la scelta dei risultati e delle soluzioni che hanno il minore impatto possibile sull'ambiente lungo l'intero ciclo di vita." (COM (2008) 400 – Appalti pubblici per un ambiente migliore). Accogliendo l'indicazione contenuta nella Comunicazione della Commissione europea "Politica integrata dei prodotti, sviluppare il concetto di ciclo di vita ambientale" (COM (2003) 302), e in ottemperanza del comma 1126, articolo 1, della legge 296/2006 (legge finanziaria 2007), il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha elaborato – attraverso un ampio processo di consultazione con enti locali e parti interessate e con la collaborazione degli altri Ministeri Competenti (Economia e Finanze e Sviluppo Economico) e degli enti e strutture tecniche di supporto (CONSIP, ENEA, ISPRA, ARPA) – il "Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi della pubblica amministrazione" (PAN GPP).

Il suddetto Piano, adottato con il Decreto Interministeriale dell'11 aprile 2008, ha l'obiettivo di massimizzare la diffusione del GPP presso gli enti pubblici in modo da farne dispiegare in pieno le sue potenzialità in termini di miglioramento ambientale, economico ed industriale. Tale Piano, come previsto dallo stesso, è stato aggiornato con Decreto 10 aprile 2013 ed è in corso di ulteriore revisione.

Il PAN GPP fornisce un quadro generale sul *Green Public Procurement*, definisce degli obiettivi nazionali, identifica le categorie di beni, servizi e lavori di intervento prioritarie per gli impatti ambientali e i volumi di spesa sulle quali definire i *Criteri Ambientali Minimi (CAM)*. Detta inoltre specifiche prescrizioni per gli enti pubblici, che sono chiamati a:



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

- effettuare un'analisi dei propri fabbisogni con l'obiettivo di razionalizzare i consumi e favorire il *decoupling* (la dissociazione tra sviluppo economico e degrado ambientale);
- identificare le funzioni competenti per l'attuazione del GPP coinvolte nel processo d'acquisto;
- redigere uno specifico programma interno per implementare le azioni in ambito GPP. In particolare, invita Province e Comuni a promuovere interventi di efficienza energetica presso gli edifici scolastici di competenza.

I suddetti CAM sono i requisiti ambientali definiti per le varie fasi del processo di acquisto, volti a individuare la soluzione progettuale, il prodotto o il servizio migliore sotto il profilo ambientale durante il ciclo di vita, tenuto conto della disponibilità di mercato. La loro applicazione sistematica ed omogenea consente di diffondere le tecnologie ambientali e i prodotti ambientalmente preferibili e produce un effetto leva sul mercato, inducendo gli operatori economici meno virtuosi ad adeguarsi alle nuove richieste della pubblica amministrazione.

In Italia, l'efficacia dei CAM è stata assicurata grazie all'art. 18 della L. 221/2015 e, successivamente, all'art. 34 del D.Lgs. 50/2016 "Codice degli appalti" (modificato dal D.Lgs. 56/2017) recante "Criteri di sostenibilità energetica e ambientale" – recentemente riorganizzato dal nuovo Codice dei Contratti pubblici D.Lgs. n. 36 del 31 marzo 2023 – che ne hanno reso obbligatoria l'applicazione da parte di tutte le stazioni appaltanti. Questo obbligo garantisce che la politica nazionale in materia di appalti pubblici verdi sia incisiva non solo nell'obiettivo di ridurre gli impatti ambientali, ma nell'obiettivo di promuovere modelli di produzione e consumo più sostenibili, "circolari" e nel diffondere l'occupazione "verde". Oltre alla valorizzazione della qualità ambientale e al rispetto dei criteri sociali, l'applicazione dei Criteri Ambientali Minimi risponde anche all'esigenza della Pubblica amministrazione di razionalizzare i propri consumi, riducendone ove possibile la spesa.

I CAM per gli acquisti e le forniture sono definiti per differenti categorie merceologiche, quali, ad esempio;

- arredi (mobili per ufficio, arredi scolastici, arredi per sale archiviazione e sale lettura);
- edilizia (costruzioni e ristrutturazioni di edifici con particolare attenzione ai materiali da costruzione, costruzione e manutenzione delle strade);
- gestione dei rifiuti urbani e assimilati;
- servizi urbani e al territorio (gestione del verde pubblico, arredo urbano);
- servizi energetici (illuminazione, riscaldamento e raffrescamento degli edifici, illuminazione pubblica e segnaletica luminosa).

Per quanto concerne le costruzioni e ristrutturazioni di edifici della pubblica amministrazione il D.M. 23 giugno 2022 (CAM Edilizia) specifica, al paragrafo 2.5 "Specifiche tecniche per i prodotti da costruzione" e relativi sotto-paragrafi, i criteri da adottare al fine di ridurre l'impatto ambientale sulle risorse naturali, di aumentare l'uso di materiali riciclati aumentando così il recupero dei rifiuti, con particolare riguardo ai rifiuti da demolizione e costruzione. Pertanto, il progettista dell'opera deve compiere scelte tecniche di progetto, specificare le informazioni ambientali dei prodotti scelti e fornire la documentazione tecnica che consenta di soddisfare tali criteri e deve, inoltre, prescrivere che in fase di approvvigionamento l'appaltatore dovrà accertarsi della rispondenza a tali criteri comuni tramite la documentazione indicata nella verifica di ogni criterio.

I criteri comuni che valgono per tutti i componenti dell'edificio riguardano:

- la percentuale di componenti disassemblabili, ossia la possibilità di effettuare la demolizione selettiva ed il riciclo/riutilizzo dei materiali;
- la percentuale di materia recuperata o riciclata nei materiali utilizzati per l'edificio;
- la presenza di sostanze pericolose.

Vengono inoltre identificati i criteri per specifiche tipologie di materiali, ad esempio, calcestruzzi, laterizi, ghisa, ferro, acciaio, plastiche, isolanti termici ed acustici, ecc. A titolo di esempio, per i calcestruzzi confezionati in cantiere o preconfezionati (Criterio 2.5.2), viene specificato che il contenuto di materie riciclate, ovvero recuperate, ovvero di sottoprodotti, deve essere di almeno il 5% sul peso del prodotto, inteso come somma delle tre frazioni. Tale percentuale è calcolata come rapporto tra il peso secco delle materie riciclate, recuperate e dei sottoprodotti e il peso del calcestruzzo al netto dell'acqua (acqua efficace e acqua di assorbimento).



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Il sottoparagrafo 2.5.1 - *Emissioni negli ambienti confinati (inquinamento indoor)* dei suddetti CAM Edilizia riguarda le prescrizioni sui limiti di emissione di alcune categorie di materiale da costruzione, quali: pitture e vernici per interni, pavimentazioni, adesivi e sigillanti, rivestimenti interni, pannelli di finitura interni, controsoffitti, schermi al vapore sintetici per la protezione interna del pacchetto di isolamento. Nello stesso sotto-paragrafo vengono indicati i limiti di emissione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) a 28 giorni per alcune sostanze chimiche (es. formaldeide, acetaldeide, toluene, xilene, ecc.) che deve essere verificata con specifiche prove di laboratorio documentate mediante rapporti di prova rilasciati da laboratori accreditati.

Le etichette ambientali rappresentano un mezzo di prova che dimostrano la conformità ai criteri ambientali dei materiali da costruzione. Queste possono essere di tre tipologie:

- **Tipo I** (conformi alla norma ISO 14024), basate sul sistema multi-criteria che considera l'intero ciclo di vita (LCA) del materiale. Tra queste, si cita il marchio di qualità ecologica dell'Unione Europea (Ecolabel).
- **Tipo II**, che prevedono l'autodichiarazione del produttore (conformi alla norma ISO 14021);
- **Tipo III**, conformi alla norma ISO 14025, quali ad esempio la Dichiarazione Ambientale di Prodotto DAP o EPD, che forniscono informazioni di tipo quantitativo sulle performance ambientali del prodotto considerando l'intero ciclo di vita.

I criteri delle etichette di tipo I sono predeterminati per categoria di prodotto e sono di dominio pubblico. Questi vengono definiti considerando gli aspetti ambientali lungo tutto il ciclo di vita del prodotto. I programmi di etichettatura ambientale di Tipo I hanno lo scopo di identificare e promuovere prodotti di avanguardia e le prestazioni devono essere superiori al livello medio, ossia devono essere prodotti "di eccellenza". L'Ecolabel, ad esempio, è il marchio di qualità ecologica dell'Unione Europea - istituito nel 1992 dal Regolamento n. 880/92 - disciplinato, allo stato attuale, dal Regolamento (CE) n. 66/2010 in vigore nei 28 Paesi dell'Unione Europea, in Norvegia, Islanda e Liechtenstein. Il sistema Ecolabel tiene conto anche della durata della vita media dei prodotti e della loro riutilizzabilità/riciclabilità e della riduzione degli imballaggi e del loro contenuto di materiale riciclato. I criteri Ecolabel riguardano non solo gli aspetti ambientali ma vertono anche sulla salvaguardia della salute e sicurezza dei consumatori, oltre ai fattori etici e sociali inerenti al processo produttivo¹⁰⁴.



In Italia, l'organismo competente per il rilascio della concessione dell'uso del marchio Ecolabel è l'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale). Al seguente link è possibile ricercare per nome, azienda, gruppo di prodotti e Regione, i prodotti certificati Ecolabel:

<https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/certificazioni/ecolabel-ue/prodotti-certificati>

Facendo riferimento agli aspetti del costruire in modo ecosostenibile e all'esigenza di adottare materiali eco-compatibili, nell'ambito della valutazione della qualità dell'ambiente indoor, la Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.2019 riporta i seguenti criteri prestazionali:

- B.4.6 *Materiali riciclati/recuperati*: orientato al calcolo della percentuale in peso dei materiali riciclati e/o di recupero e utilizzati nell'intervento in aggiunta alla percentuale limite di legge;
- B.4.7 *Materiali da fonti rinnovabili*: finalizzato a determinare la percentuale dei materiali utilizzati per costruire l'edificio realizzati mediante materiali da fonte rinnovabile, intesi come materiali in grado di rigenerarsi nel tempo ovvero di materiali di origine animale o vegetale;
- B.4.8 *Materiali locali*: finalizzato a determinare la percentuale di materiali utilizzati per costruire l'edificio e reperiti in prossimità dell'area di intervento;
- B.4.10 *Materiali disassemblabili*: orientato a promuovere l'adozione di soluzioni e strategie progettuali finalizzate a facilitare le operazioni di smontaggio degli elementi costitutivi l'edificio (ossia dei sistemi costruttivi a secco che ne consentano la demolizione selettiva) e che ne permettano l'eventuale riuso e/o riciclo;

¹⁰⁴ Ecolabel UE – ISPRA <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/certificazioni/ecolabel-ue>



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

- B.4.11 *Materiali certificati*: volto a identificare il numero di prodotti dotati di marchi/dichiarazioni o certificazioni (es. conformi alle norme UNI EN ISO 14024 Etichette e dichiarazioni ambientali - Etichettatura ambientale di Tipo I - Principi e procedure, UNI EN 15804 "Sostenibilità delle costruzioni – Dichiarazioni ambientali di prodotto – Regole chiave di sviluppo per categoria di prodotto", ecc.).

Per tutti i sopra elencati criteri è prevista una apposita scala prestazionale.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Riferimenti bibliografici

- Ahlbom A. et al, 2000. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia, *British Journal of Cancer* (2000) 83(5), 692–698.
- D.Lgs. n. 155 del 13 agosto 2010. “Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa”. (10G0177) (GU Serie Generale n.216 del 15-09-2010 - Suppl. Ordinario n. 217).
- D.Lgs. 18 aprile 2016, n. 50 Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture. (16G00062) (GU Serie Generale n.91 del 19-04-2016 - Suppl. Ordinario n. 10).
- D.Lgs. n. 42 del 17.02.2017. Disposizioni in materia di armonizzazione della normativa nazionale in materia di inquinamento acustico, a norma dell'articolo 19, comma 2, lettere a), b), c), d), e), f) e h) della legge 30 ottobre 2014, n. 161. (17G00055) (GU Serie Generale n.79 del 04-04-2017).
- D.Lgs. n. 101 del 31 luglio 2020. “Attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, che 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 e riordino della normativa di settore in attuazione dell'articolo 20, comma 1, lettera a), della legge 4 ottobre 2019, n. 117”. (20G00121) (GU Serie Generale n.201 del 12-08-2020 - Suppl. Ordinario n. 29).
- D.Lgs. 31 marzo 2023, n. 36. Codice dei contratti pubblici in attuazione dell'articolo 1 della legge 21 giugno 2022, n. 78, recante delega al Governo in materia di contratti pubblici. (23G00044) (GU Serie Generale n.77 del 31-03-2023 - Suppl. Ordinario n. 12).
- Delib. G.R. n. 1/3 del 10.01.2017. Piano regionale di qualità dell'aria ambiente. D.Lgs. n. 155/2010 e s.m.i..
- Delib. G.R. n.36/37 del 12.09.2019. Programma di ripartizione della spesa di euro 3.920.000 per l'anno 2019 e di euro 2.459.000 per l'anno 2020, per l'erogazione di contributi ai Comuni dell'agglomerato di Cagliari, per incentivare la sostituzione di impianti di riscaldamento domestico a bassa efficienza con impianti di riscaldamento domestici ad alta efficienza ai sensi dell'art. 5, comma 4, Legge Regionale del 28 dicembre 2018, n.48 “Legge di stabilità 2019”.
- Delib. G.R. n. 52/42 del 23.12.2019. Riesame della classificazione delle zone e dell'agglomerato ai fini della valutazione della qualità dell'aria ambiente ai sensi del D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii.
- D.M. n. 186 del 7 novembre 2017. Regolamento recante la disciplina dei requisiti, delle procedure e delle competenze per il rilascio di una certificazione dei generatori di calore alimentati a biomasse combustibili solide. (17G00200) (GU Serie Generale n.294 del 18-12-2017).
- D.M. del 23 giugno 2022. “Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l'affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l'affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi”. (22A04307) (GU Serie Generale n.183 del 06-08-2022).
- 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.
- D.P.C.M. 14/11/1997. *Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore*. (GU Serie Generale n.280 del 01-12-1997).
- D.P.C.M. 5/12/1997. Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici. (GU Serie Generale n.297 del 22-12-1997).
- D.P.C.M. 8 luglio 2003. Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz. (GU Serie Generale n.199 del 28-08-2003).



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

- DPCM 26 luglio 2022. Linee guida sulle specifiche tecniche in merito alla adozione di dispositivi mobili di purificazione e impianti fissi di aerazione e agli standard minimi di qualità dell'aria negli ambienti scolastici e in quelli confinati degli stessi edifici.
- Ecolabel UE – ISPRA <https://www.isprambiente.gov.it/attivita/certificazioni/ecolabel-ue>
- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys* 1998;74(4):494-522.
- Intesa Stato-Regioni Rep. Atti n. 211/CSR del 10.11.16. “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”.
- Istituto Superiore di Sanità – Epicentro. Aggiornamenti Inquinamento atmosferico e salute. (link: <https://www.epicentro.iss.it/ambiente/aggiornamenti>).
- Istituto Superiore di Sanità – Epicentro. Inquinamento atmosferico e rischi per la salute. (link:¹ <https://www.epicentro.iss.it/ambiente/AirPollution2016>).
- Istituto Superiore di Sanità – Radon (link: <https://www.epicentro.iss.it/radon/>)
- Istituto Superiore di Sanità - Epicentro. Campi elettromagnetici. Aspetti epidemiologici. <https://www.epicentro.iss.it/campi-elettromagnetici/epidemiologia>
- Istituto Superiore di Sanità - *Rapporti ISTISAN 13/39*. “Workshop. Problematiche relative all'inquinamento indoor attuale situazione in Italia”.
- Istituto Superiore di Sanità - *Rapporti ISTISAN 19/11*, “*Radiazioni a radiofrequenze e tumori: sintesi delle evidenze scientifiche*”.
- Journal of epidemiology 2010. Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study, International Journal of Epidemiology, Volume 39, Issue 3, June 2010, Pages 675–694.
- Legge 22 febbraio 2001, n.36. Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. (G.U. n. 55 del 7 marzo 2001).
- Martorana C. et al. 2006. Assorbimento e isolamento acustico negli edifici. Maggioli editore.
- Mezei G. and Kheifets L., 2006. Selection bias and its implications for case-control studies: a case study of magnetic field exposure and childhood leukaemia, International Journal of Epidemiology 2006;35:397–406.
- Muscat J. E. et al. 2000. Handheld cellular telephone use and risk of brain cancer, J E Muscat et al, JAMA 2000 Dec 20;284(23):3001-7.
- New England Journal of Medicine, 2001. Cellular telephone Use and Brain Tumors, New England Journal of Medicine 2001 Jan 11;344(2):79-86
- NIEHS (National Institute of Environmental Health Sciences). Electric & Magnetic Fields. <https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/emf/>
- Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), 2006. *Framework for developing health-based electromagnetic field standards*. Geneva: WHO Press.
- Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), 2016. Stime nazionali sull'esposizione all'inquinamento atmosferico e sull'impatto sulla salute. (link: <https://www-who-int.translate.google.com/news/item/27-09-2016-who-releases-country-estimates-on-air-pollution-exposure-and-health-impact? x tr sl=en& x tr tl=it& x tr hl=it& x tr pt=sc>).
- Portale Agenti Fisici (link: <https://www.portaleagentifisici.it/>)
- Portale SardegnaSira – Qualità dell'aria (link: <https://portal.sardegnaSira.it/web/sardegnaambiente/qualita-aria>)
- Prassi di Riferimento UNI: UNI/PdR 13.0:2019 Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità - Inquadramento generale e principi metodologici. (link: https://www.itaca.org/valutazione_sostenibilita.asp)



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

- Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.1:2019. Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità - Edifici residenziali.
(link: https://www.itaca.org/valutazione_sostenibilita.asp)
- Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.2:2019. Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità - Edifici non residenziali.
(link: https://www.itaca.org/valutazione_sostenibilita.asp)
- Regione Autonoma della Sardegna – Sito tematico SardegnaSalute – Qualità aria indoor (link: <https://www.sardegناسalute.it/index.php?xsl=316&s=9&v=9&c=93932&na=1&n=10>).
- Regione Autonoma della Sardegna, 2019. “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” predisposti dal Gruppo di Lavoro per l’Azione P-8.2.4. del Programma P-8.2 “Supporto alle Politiche Ambientali” del Piano Regionale di Prevenzione 2014-2019, e adottati con Deliberazione della Giunta Regionale n. 5/31 del 29 gennaio 2019.
- 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. COM(2017) 151 final. (link: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52017DC0151&from=EN>)
- Regione Autonoma della Sardegna; Agenzia Regionale per la protezione dell’ambiente della Sardegna (ARPAS). *Relazione annuale sulla qualità dell’aria in Sardegna per l’anno 2020*.
https://portal.sardegناسira.it/documents/21213/200223/Relazione_Qualita_Aria_2020-1.pdf/763f6ebb-3406-42fb-96f0-e99cc891f311
- Schuz J. et al, 2007. Nighttime exposure to electromagnetic fields and childhood leukemia: an extended pooled analysis, *American Journal of Epidemiology*. 2007 Aug 1;166(3):263-9.
- Schuz J. et al, 2022. Cellular Telephone Use and the Risk of Brain Tumors: Update of the UK Million Women Study, , *Journal of the National Cancer Institute*, Volume 114, Issue 5, May 2022, Pages 704–711.
- Sistema nazionale a rete per la protezione dell’ambiente (SNPA). *La qualità dell’aria in Italia. Edizione 2020*. (Report di Sistema SNPA 17/2020).
<https://www.snambiente.it/wp-content/uploads/2020/12/QUALITA-ARIA-ITALIA.pdf>
- UNI 11367 “Acustica in edilizia – Classificazione acustica delle unità immobiliari – Procedura di valutazione e verifica in opera”.
- UNI EN 16798-3: 2018. Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 3: Per gli edifici non residenziali - Requisiti prestazionali per i sistemi di ventilazione e di condizionamento degli ambienti (Moduli M5-1, M5-4)
- UNI EN 16798-1:2019. Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 1: Parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica - Modulo M1-6.
- Wartenberg D., 2001. Residential EMF exposure and childhood leukemia: meta-analysis and population attributable risk, , *Bioelectromagnetics*. 2001;Suppl 5:S86-104.



5. COMFORT ABITATIVO ED EFFICIENZA ENERGETICA

5.1 Spazi di vita e di lavoro

Impatti ambientali e sanitari

Oltre agli aspetti qualitativi dell'ambiente indoor, comprendenti le tematiche trattate nei precedenti capitoli relative alla qualità dell'aria indoor, al comfort acustico, alla illuminazione ecc., è fondamentale tener conto, nella progettazione degli spazi interni ed in relazione alla specifica destinazione d'uso dei locali, della quantità di spazio disponibile per ciascun occupante per il corretto svolgimento delle attività di vita e/o di lavoro (es. lavoro in modalità agile (*smart working*)). Devono essere infatti garantiti l'adeguata riservatezza, la semplice accessibilità e fruibilità degli spazi senza incorrere in condizioni di sovraffollamento, che possono determinare situazioni di disagio e, in taluni casi particolarmente critici, anche esiti negativi di salute, ad esempio per la mancanza di adeguata pulizia degli ambienti.

Gli spazi di vita devono inoltre rispondere a specifiche esigenze specialmente qualora vi siano condizioni di disabilità o limitazioni funzionali legate all'età degli occupanti: è noto che i soggetti anziani sono particolarmente esposti al rischio di caduta in ambito domestico, a causa della presenza nelle abitazioni di barriere architettoniche (es. gradini, scale), superfici irregolari del pavimento, o per l'assenza di adeguata illuminazione e di elementi che facilitano il movimento in sicurezza (es. maniglie, corrimani, ecc.). Tali aspetti limitano la piena ed autonoma fruizione dei locali della abitazione, determinando condizioni di inattività e sedentarietà che, a loro volta, danno luogo ad ulteriori fattori che accentuano talune patologie e generano malessere psico-fisico.

Uno spazio abitativo inadeguato determina diversi impatti sulla salute: il sovraffollamento è una situazione che può dare luogo a problemi quali, disagio psicologico, abuso di alcol, depressione ed infelicità, isolamento sociale. E' inoltre documentato che vivere in abitazioni anguste danneggia i rapporti familiari, influenzando negativamente l'educazione dei bambini e causando ansia, stress e depressione.

Situazioni di sovraffollamento, possono contribuire anche alla diffusione di malattie infettive di vario genere: per quanto riguarda le infezioni a trasmissione aerea, gran parte delle ricerche riportano una maggior frequenza di insorgenza di tubercolosi (TBC), per la quale si è rilevata un'associazione statisticamente significativa con il fenomeno del sovraffollamento. Un'associazione simile è stata osservata anche per altre malattie infettive respiratorie, sebbene meno forte. Il sovraffollamento degli spazi di vita risulta inoltre correlato con infezioni a trasmissione oro-fecale; infatti si osserva un numero di casi di gastroenterite significativamente maggiore in situazioni di compresenza di 3-4 persone per stanza per un tempo prolungato.

L'inadeguatezza degli spazi di vita assume un ruolo particolarmente rilevante laddove sussistano condizioni di salute precarie degli occupanti. Un esempio è rappresentato dalle persone con disabilità funzionali o soggetti anziani, per i quali è fondamentale la disponibilità di ambienti sicuri, ampi, adeguatamente interconnessi e privi di barriere architettoniche per consentire di svolgere le attività quotidiane in sufficiente autonomia e sicurezza, migliorando così lo stato di benessere e la qualità di vita nel suo complesso.

Finalità
Assicurare adeguati spazi di vita e/o di lavoro (<i>smart working</i>) all'interno degli ambienti dell'edificio, in relazione alle necessità ed eventuali condizioni di vulnerabilità degli occupanti.
Obiettivi prestazionali sanitari e ambientali
Garantire spazi interni degli edifici di adeguate dimensioni, aventi un volume d'aria e un ricambio d'aria idoneo a garantire un adeguato benessere psicofisico degli occupanti, idonea distribuzione funzionale e privi di barriere architettoniche al fine di consentire di svolgere in sicurezza, autonomia e con sufficiente riservatezza le attività di vita e/o lavoro (<i>smart working</i>) anche ai soggetti più fragili (es. disabili e anziani).



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Buone pratiche

Garantire che gli ambienti interni degli edifici abbiano una altezza minima ed una superficie minima abitabile per abitante in conformità a quanto stabilito dalla normativa vigente in materia.

Garantire, per ogni singola unità abitativa, la presenza di distinti spazi adibiti alle diverse attività di vita quotidiana, anche in relazione alla possibilità di svolgere attività di lavoro agile (*smart working*).

Prevedere, laddove necessario, locali di servizio condivisi (es. lavanderia) e spazi comuni dedicati alla socializzazione.

Il layout funzionale delle abitazioni e le soluzioni progettuali devono garantire la piena accessibilità e fruibilità degli spazi, l'adeguato livello di *privacy* e di *comfort*, nonché la possibilità per ciascun occupante di svolgere autonomamente e in sicurezza le proprie attività, anche per i soggetti con disabilità e/o anziani.

Strumenti di verifica

Elaborati progettuali, sia di tipo descrittivo che grafico, riportanti il dettaglio della destinazione d'uso dei singoli locali, l'indicazione dimensionale degli spazi (altezze, superfici, cubature) ed il numero massimo di occupanti affinché sia garantito lo svolgimento, in sicurezza, autonomia e con sufficiente riservatezza, delle attività di vita e/o lavoro (*smart working*), con particolare attenzione anche ai soggetti più vulnerabili (es. disabili e anziani).



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

5.2 Comfort termoigrometrico

Impatti ambientali e sanitari

La norma UNI ISO EN 7730 (*“Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale”*) definisce il benessere termoigrometrico dell'individuo come *“la condizione di soddisfazione nei confronti dell'ambiente termico”*, ossia rappresenta lo stato psicofisico in cui il soggetto manifesta soddisfazione nei confronti del microclima. Tale condizione si realizza quando l'individuo non percepisce né caldo né freddo e pertanto è stato raggiunto un equilibrio tra il flusso termico generato dall'organismo umano e i flussi di calore dispersi dal corpo verso l'esterno. La sensazione di *comfort* termoigrometrico è soggettiva e dipende da numerosi fattori personali tra i cui il sesso, l'età, il metabolismo, il tipo di vestiario indossato, l'attività svolta dall'individuo, ecc.. Sono inoltre fondamentali i seguenti parametri ambientali: temperatura dell'aria, temperatura media radiante delle superfici che delimitano l'ambiente, umidità relativa dell'aria e velocità dell'aria. Pertanto, la condizione di benessere termoigrometrico può essere ottenuta con molteplici combinazioni di questi fattori.

Come è noto, le funzioni fisiologiche del corpo umano si esplicano correttamente in un intervallo termico limitato prossimo ai 37°C. Affinché venga mantenuta costante la temperatura corporea, in relazione alla variazione dei fattori fisiologici o ambientali, si attivano processi di termoregolazione che determinano la vasocostrizione o la vasodilatazione della circolazione sanguigna periferica, dando luogo così al decremento o incremento della temperatura della superficie corporea (epidermide). Qualora le condizioni ambientali presentino temperature elevate o ridotte si attivano ulteriori processi di termoregolazione quali la sudorazione (in ambienti caldi) o il tremore incontrollato (in ambienti freddi).

Il modello più utilizzato per la valutazione del *comfort* termoigrometrico è quello proposto da Fanger che si basa su studi statistici condotti in laboratorio e rappresenta lo standard di riferimento adottato dalla norma UNI EN ISO 7730, indicata anche dal Decreto Ministeriale 23 giugno 2022 (CAM Edilizia) come riferimento per la valutazione del *comfort* termoigrometrico degli edifici.

Il modello di Fanger si basa su una equazione che descrive il bilancio termico tra corpo umano e ambiente, dove compaiono parametri fisico-tecnici caratterizzanti le condizioni ambientali (temperatura dell'aria, umidità relativa, velocità dell'aria, temperatura media radiante), parametri tipici del soggetto (attività svolta e abbigliamento indossato) e parametri relativi al sistema di termoregolazione fisiologico (temperatura della pelle e potenza termica dispersa per traspirazione). La soluzione algebrica della relazione è complessa e in genere si ricorre a specifici diagrammi che mettono in evidenza le correlazioni tra i diversi fattori coinvolti nell'equazione.

Lo stesso Fanger ha introdotto l'indice razionale PMV (*Predicted Mean Value - Voto Medio Previsto*) e l'indice PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied - Percentuale Prevista di Insoddisfatti*). Il primo rappresenta il valore medio del voto relativo alla situazione ambientale considerata espresso da un campione di persone, in definite condizioni d'attività e vestiario. Si parla di voto medio poiché le singole votazioni danno luogo ad un certo grado di dispersione statistica. Per quantificare una scala numerica di sensazione termica soggettiva si può fare riferimento all'espressione di un voto secondo la seguente scala ASHRAE.

Voto	Sensazione termica
+3	Molto caldo
+2	Caldo
+1	Abbastanza caldo
0	Né caldo né freddo
-1	Abbastanza freddo
-2	Freddo
-3	Molto freddo



Il PPD è invece calcolato a partire dal PMV attraverso una specifica funzione matematica il cui grafico è riportato nella figura seguente.

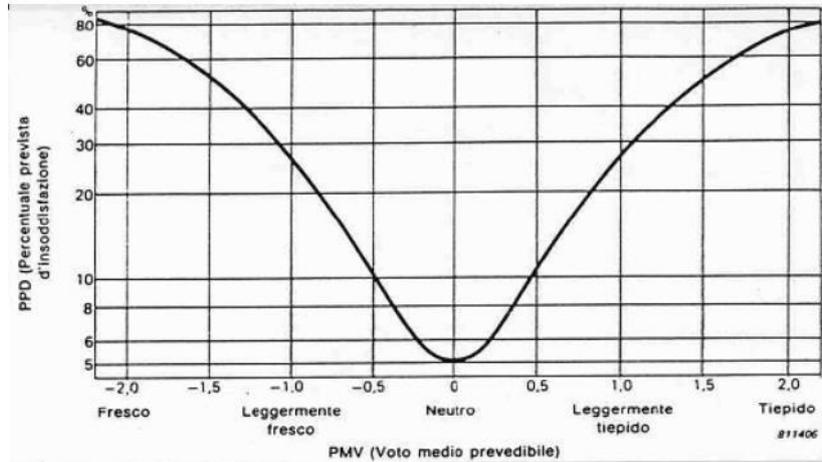


Figura 5.1: rappresentazione grafica della relazione ricavata sperimentalmente tra gli indici PMV e PPD. Fonte: portale agenti fisici <https://www.schede-tecniche.it/principi-comfort-termico.html>

I PMV e il PPD esprimono il confort termico per il corpo umano nel suo complesso, tuttavia, la condizione di discomfort termoisometrico può essere indotta anche da un disagio termico che coinvolge una parte del corpo. Ad esempio, le correnti d'aria possono creare disagi a livello del collo o i pavimenti freddi un disagio a livello dei piedi. Nella norma UNI EN ISO 7730 sono indicati i seguenti discomfort locali:

- corrente d'aria;
- differenza verticale della temperatura dell'aria;
- pavimenti caldi o freddi;
- asimmetria radiante.

Nell'appendice A della norma UNI EN ISO 7730 viene riportato in forma aggregata il *comfort* globale ed il confort locale e vengono identificate le seguenti categorie di classificazione dell'ambiente:

Categoria	Stato termico complessivo		Discomfort termico locale			
	PPD (%)	PMV	Corrente d'aria	Differenza temperatura verticale	Pavimenti caldi o freddi	Asimmetria radiante
			DR (%)	PD (%)	PD (%)	PD (%)
Classe A	<6	-0,2 < PMV < +0,2	<10	<3	<10	<5
Classe B	<10	-0,5 < PMV < +0,5	<20	<5	<10	<5
Classe C	<15	-0,7 < PMV < +0,7	<30	<10	<15	<10

Tabella 5.1: Stato termico complessivo e discomfort totale – Norma UNI EN ISO 7730. PD (%): percentuale di insoddisfatti rispetto ad uno dei tre discomfort locali tra differenza verticale di temperatura, pavimento caldo o freddo, asimmetria radiante; DR (%): percentuale di insoddisfatti rispetto alle correnti d'aria.

Nell'ambiente indoor, lo stato di benessere è fortemente condizionato dai parametri microclimatici (temperatura, umidità, velocità dell'aria, ecc.) e dalle loro variazioni nell'arco della giornata e/o dalla differenze registrate tra un locale ed un altro dello stesso stabile (o unità abitativa). In relazione alle variazioni dei valori di tali parametri si possono verificare condizioni di rischio per la salute, con l'insorgere di sintomatologie fisiche e/o psicologiche.

Infatti, è stato dimostrato che a condizioni microclimatiche sfavorevoli sono associati diversi sintomi come sensazione di prurito, lacrimazione, mal di testa e irritazione della gola per gli occupanti.

Il primo fattore che più facilmente e comunemente può essere rilevato e monitorato all'interno di un ambiente indoor è la temperatura dell'aria, che, in condizioni di inadeguato raffrescamento e riscaldamento degli ambienti, può variare sensibilmente da una stanza all'altra del medesimo edificio. Tale condizione di disomogeneità termica, se non adeguatamente gestita, può essere causa di discomfort, anche quando i



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

valori di temperatura dell'aria si discostano di poco dai valori ottimali.

Un altro aspetto, associato alla temperatura, riguarda la distribuzione di calore non uniforme da una sorgente radiante per cui le diverse parti del corpo saranno diversamente esposte alla radiazione termica con conseguente sensazione di disagio.

Basse temperature medie dell'aria negli spazi di vita, dovute per esempio, a un riscaldamento inadeguato, a carenze strutturali dell'edificio, a un'esposizione sfavorevole ai venti e alla radiazione solare ecc., possono generare degli impatti sulla salute. Tra questi i più comuni consistono nell'aumento della pressione sanguigna, manifestazioni di patologie respiratorie (asma, bronchite, raffreddore, ecc.) e problemi di salute mentale. In inverno le case fredde contribuiscono ad un eccesso di mortalità e morbosità. Per le persone anziane, la maggior parte del carico sanitario può essere attribuito a malattie respiratorie e cardiovascolari. Per quanto riguarda i bambini, l'eccesso di carico sanitario nella stagione invernale è in gran parte dovuto a malattie respiratorie.

Anche temperature troppo alte possono determinare condizioni di forte disagio, oltre che un danno per la salute: sono noti i sintomi correlati ad ambienti troppo caldi come stati d'animo negativi, frequenza cardiaca irregolare, difficoltà respiratoria e sensazione di affaticamento. Le persone, soprattutto gli anziani, trascorrendo gran parte del tempo in casa, in assenza di aria condizionata, risultano maggiormente esposte ad un aumento del rischio dovuto alle alte temperature in ambienti indoor durante il periodo estivo. Oltre alla temperatura media dell'aria, l'umidità relativa (ossia il contenuto d'acqua sotto forma di vapore presente in un volume d'aria ad una temperatura e pressione di riferimento) riveste particolare importanza nel mantenimento del comfort abitativo. All'aumentare del tasso di umidità aumenta la percezione sia del caldo sia del freddo, provocando possibili sensazioni di disagio. In condizioni di umidità relativa inferiore al 20% aumenta la presenza di polveri nell'aria, di cariche batteriche in sospensione e di possibili cariche elettrostatiche, inoltre, cute e mucose si disidratano e aumentano le possibilità d'infezione per diminuzione del film barriera.

In condizioni di temperatura elevata, con umidità relativa superiore al 60% e insufficiente ricambio d'aria, viene favorita la proliferazione di germi e lo sviluppo di muffe, responsabili dell'insorgenza di patologie allergiche ed infiammatorie.

L'effetto sulla salute più diffuso associato alla contaminazione da muffe è l'asma; i soggetti più vulnerabili sono neonati, bambini, anziani e persone con il sistema immunitario compromesso. Diversi studi dimostrano che la presenza significativa di muffe in ambienti residenziali aumenta la gravità dell'asma e di altre patologie allergiche e non, soprattutto tra i bambini. L'esposizione è stata associata positivamente anche a polmonite da ipersensibilità, rinite allergica, eczema, bronchite e sviluppo del tumore polmonare.

Un ulteriore parametro microclimatico è rappresentato dalla velocità dell'aria negli ambienti interni. Ad elevate temperature e bassa velocità dell'aria viene meno il processo di dissipazione del calore corporeo, con conseguenti effetti sulla salute. Al contrario, a velocità eccessive, superiori a 1,5 m/s, può arrecare sensazione di fastidio.

Finalità
Assicurare idonee condizioni di <i>comfort</i> termoigrometrico degli ambienti indoor.
Obiettivi prestazionali sanitari e ambientali
<ul style="list-style-type: none">• Garantire l'adeguato <i>comfort</i> termoigrometrico degli ambienti interni dell'edificio ad in particolare:<ul style="list-style-type: none">- assicurare la stabilità termica nell'arco della giornata e nel susseguirsi delle stagioni;- minimizzare la disomogeneità termica tra l'esterno e l'interno dell'edificio e tra i locali adiacenti;- ridurre gli elementi che generano discomfort locale (correnti d'aria, differenze verticali di temperatura, superfici di calpestio calde o fredde, condizioni di asimmetria radiante). In particolare, il gradiente di temperatura tra pavimento e soffitto deve essere inferiore ai 3°C.• Garantire l'assenza di tracce di infiltrazioni e la formazione di condensa permanente sulle superfici opache interne (pareti interne e perimetrali) dell'edificio.
Buone pratiche
Garantire le condizioni di benessere termoigrometrico riportati nella norma di riferimento UNI EN ISO 7730, in particolare:



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Parametri	Estate	Inverno
Temperatura operativa	Ottimo (Classe A): 24°C ± 1°C Buono (Classe B): 24°C ± 2°C	Ottimo (Classe A): 22°C ± 1°C Buono (Classe B): 20°C ± 2°C
Velocità dell'aria	Ottimo (Classe A): <0,12 m/s Buono (Classe B): <0,19 m/s	Ottimo (Classe A): <0,10 m/s Buono (Classe B): <0,16 m/s
Umidità relativa	50% < UR < 60%	40% < UR < 50%

Temperatura operativa: media tra la temperatura dell'aria interna e la temperatura media radiante.

Nel caso non siano raggiungibili le temperature minime invernali previste dalla norma UNI EN ISO 7730, deve essere garantita una temperatura minima di 18 °C.

Installare, laddove possibile, tetti verdi e pareti di verde verticale che contribuiscono ad abbassare le temperature interne dell'edificio, con conseguenti benefici sui consumi energetici per la climatizzazione.

Garantire l'adeguata manutenzione degli impianti di condizionamento al fine di assicurare il mantenimento della massima efficienza nel tempo. Adottare, ove possibile, dispositivi per il controllo remoto della temperatura e dell'umidità interna.

Curare il corretto ricambio d'aria degli ambienti attraverso la ventilazione naturale, anche al fine di minimizzare la formazione di condensa e muffe sulle superfici interne degli ambienti (specialmente se esposte a nord). Qualora la ventilazione naturale non sia sufficiente, o la qualità dell'aria esterna sia tale da non consentire la ventilazione naturale degli ambienti indoor, ricorrere alla ventilazione meccanica controllata.

Garantire il buon isolamento dell'edificio impiegando materiali da costruzione ad elevata inerzia termica. In fase progettuale, adottare scelte tecniche per isolare le pareti verticali perimetrali, le pareti vetrate e le coperture, al fine di ridurre le dispersioni di calore e la formazione di ponti termici.

Isolare le superfici dell'edificio esposte a nord e le superfici controterra dell'involucro edilizio (muri perimetrali e platee di locali interrati o semi-interrati) al fine di prevenire condizioni di umidità e la formazione di muffe.

Adottare adeguati dispositivi di protezione solare (es. sistemi di ombreggiamento, schermatura) al fine di controllare, specialmente nei mesi estivi, gli apporti termici derivanti dalla radiazione solare diretta.

Come ulteriore riferimento di buone pratiche per l'ottimizzazione del comfort termico è possibile considerare, come riferimento, quanto riportato nel Decreto Ministeriale 23 giugno 2022 (CAM Edilizia) per gli interventi inerenti agli edifici pubblici.

In particolare, in accordo con il criterio 2.4.6 *Benessere termico* dei suddetti CAM negli edifici pubblici deve essere garantito il benessere termico e di qualità dell'aria interna prevedendo condizioni conformi almeno alla classe B secondo la norma UNI EN ISO 7730 in termini di PMV (Voto Medio Previsto) e di PPD (Percentuale Prevista di Insoddisfatti) oltre che di verifica di assenza di discomfort locale.

Il suddetto Decreto, presenta, oltre al già citato criterio minimo ambientale 2.4.6, un ulteriore criterio finalizzato al controllo delle condizioni termiche dei locali di un edificio mediante l'adozione di sistemi di mitigazione della radiazione solare che, attraverso le superfici finestrate, penetra all'interno degli ambienti interni. In particolare, il criterio 2.4.8 Dispositivi di ombreggiamento, riporta quanto segue:

Nei progetti di ristrutturazione urbanistica, nuova costruzione e demolizione e ricostruzione, è garantito il controllo dell'immissione di radiazione solare diretta nell'ambiente interno prevedendo che le parti trasparenti esterne degli edifici, sia verticali che inclinate, siano dotate di sistemi di schermatura ovvero di ombreggiamento fissi o mobili verso l'esterno e con esposizione da EST a OVEST, passando da Sud. Il soddisfacimento di tale requisito può essere raggiunto anche attraverso le specifiche caratteristiche della sola componente vetrata (ad esempio con vetri selettivi o a controllo solare). Le schermature solari possiedono un valore del fattore di trasmissione solare totale accoppiato al tipo di vetro della superficie vetrata protetta inferiore o uguale a 0,35 come definito dalla norma UNI EN 14501. Il requisito non si



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

applica alle superfici trasparenti dei sistemi di captazione solare (serre bioclimatiche ecc.), solo nel caso che siano apribili o che risultino non esposte alla radiazione solare diretta perché protetti, ad esempio, da ombre portate da parti dell'edificio o da altri edifici circostanti.

Strumenti di verifica

Relazione tecnica con la descrizione delle scelte progettuali adottate per garantire il *comfort* termoisometrico, che riporti in particolare:

- i dettagli costruttivi ed impiantistici dell'edificio con le verifiche per le strutture opache e trasparenti dei parametri di trasmittanza termica, permeabilità al vapore, ecc.);
- i dettagli costruttivi ed impiantistici con relative certificazioni delle componenti;
- le proprietà termiche dei materiali impiegati.

Relazione tecnica di conformità allegata alla dichiarazione di fine lavori che attesti il rispetto delle scelte progettuali e dimostri il raggiungimento dei livelli prestazionali dichiarati.

Analisi del guadagno termico dovuto all'apporto calorico da radiazione solare e dell'eventuale riduzione dei consumi energetici necessari per il riscaldamento degli ambienti.

Approfondimenti

La progettazione architettonica dell'edificio è ormai sempre più orientata alla realizzazione di edifici confortevoli e meno energivori. In tale contesto, l'analisi degli apporti solari ed il controllo della quantità calore e luce in ingresso all'edificio rappresenta una importante strategia per garantire il comfort termico e visivo agli occupanti, oltre che per ottimizzare i consumi energetici per il raffrescamento estivo ed il riscaldamento invernale. Pertanto, una particolare attenzione viene rivolta all'utilizzo di schermature solari non solo come accessorio o elemento decorativo, ma come vero e proprio dispositivo funzionale.

In linea generale, le superfici vetrate particolarmente isolanti possono certamente essere in grado di contribuire alla riduzione degli apporti energetici passivi, limitando i fabbisogni di raffrescamento artificiale e mitigando la forte luminosità naturale. Tuttavia, nei mesi invernali, con tale tipologia di vetri, i ridotti apporti solari naturali limitano i guadagni passivi e determinano così il maggiore ricorso alla illuminazione e riscaldamento artificiali¹⁰⁵.

Le schermature solari possono essere fisse e posizionate all'esterno dell'edificio, come ad esempio le logge e i porticati, gli aggetti orizzontali, gli aggetti a lamelle orizzontali, balconi, grigliati, ecc. Le schermature esterne orizzontali sono più efficaci se posizionate nelle facciate rivolte a Sud, Sud-Est e Sud-Ovest, mentre nelle facciate esposte ad Est e Ovest sono da preferire i sistemi verticali.

¹⁰⁵ Schermature solari e tende tecniche. Metodi e soluzioni di progetto, tipologie, risparmio energetico. Sergio Fabio Brivido. I libri di Arketipo, Gruppo 24 ore, 2010.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

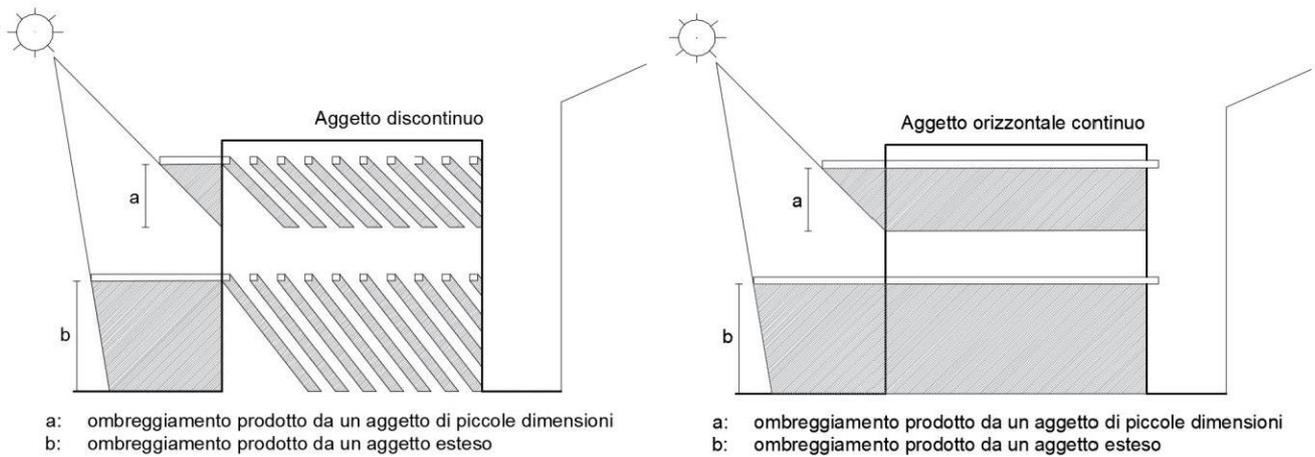


Figura 5.2: esempi di schermature solari fisse esterne all'edificio.

Inoltre, le schermature solari possono essere mobili, interne o esterne all'edificio, ad esempio: tapparelle, frangisole, persiane, veneziane, tende, da esterno e da interno, pergole, gazebo, ecc. Alcune di queste possono essere orientabili e consentono di regolare la quantità di luce (e calore) in ingresso. Un valido sistema per l'attenuazione della radiazione solare nel periodo estivo è dato dalla piantumazione di coperture verdi e alberature, preferibilmente a foglie caduche, al fine di garantire l'ombreggiamento in estate e l'apporto di luce e calore nel periodo invernale.

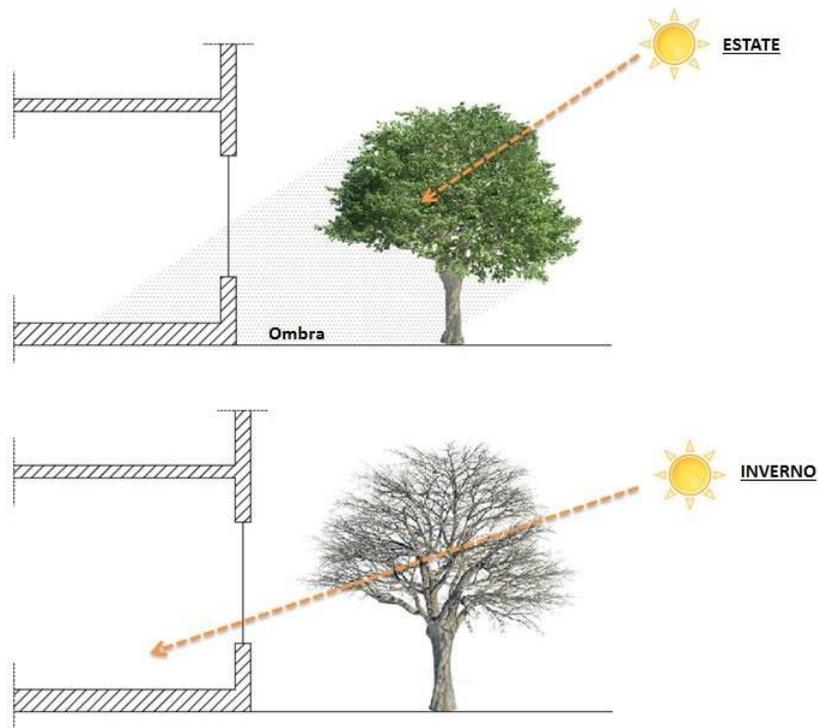


Figura 5.3: esempio di schermatura solare naturale.

La Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.2019 tiene conto di questi aspetti e, al fine di determinare la prestazione dell'edificio sotto il profilo del controllo della radiazione solare incidente nel periodo estivo e del



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

relativo apporto termico ad essa associato, introduce il criterio B.6.4 - *Controllo della radiazione solare*, basato sul calcolo della trasmittanza solare effettiva media del pacchetto finestra/schermo solare. Tale criterio tiene conto della radiazione solare estiva incidente in relazione all'esposizione dell'edificio, della presenza di schermature solari solidali all'edificio e/o delle finestre, delle ostruzioni esterne (es. aggetti orizzontali e verticali), nonché della presenza di ostacoli fissi frontali e/o laterali (es. alberi, altri edifici, recinzioni, ecc.).

Inoltre, la suddetta Prassi di Riferimento presenta un ulteriore criterio di valutazione del benessere termigrometrico all'interno dei locali di un edificio: il criterio di verifica D.3.2 *Temperatura operativa nel periodo estivo*, valido sia per edifici residenziali che non residenziali, identifica come indicatore prestazionale lo scarto medio tra la temperatura operativa e la temperatura ideale degli ambienti nel periodo estivo destinati alla permanenza di persone. La temperatura operativa e la temperatura esterna oraria di riferimento vengono calcolate attraverso procedure indicate in specifiche norme UNI. Il punteggio prestazionale viene attribuito in relazione ad una scala che tiene conto della percentuale del numero di ore di occupazione del locale in cui la temperatura massima operativa supera la temperatura di riferimento.

A titolo di esempio si riporta la suddetta scheda per il criterio prestazionale D.3.2 per edifici ad uso residenziale della UNI/PdR 13.1:2019.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

SCHEDA CRITERIO D.3.2 – TEMPERATURA OPERATIVA NEL PERIODO ESTIVO

QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR		NUOVA COSTRUZIONE RISTRUTTURAZIONE	D.3.2
Benessere termoigrometrico			
Temperatura operativa nel periodo estivo			
AREA DI VALUTAZIONE		CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor		D.3 Benessere termoigrometrico	
ESIGENZA		PESO DEL CRITERIO	
Mantenere un livello soddisfacente di confort termico durante il periodo estivo		<u>nel sistema completo</u> <u>nella categoria</u>	
INDICATORE DI PRESTAZIONE		UNITA' DI MISURA	
Scarto medio tra la temperatura operativa e la temperatura ideale degli ambienti nel periodo estivo (ΔT_m)		°C	
SCALA DI PRESTAZIONE			PUNTI
NEGATIVO			-1
SUFFICIENTE	Il numero di ore di occupazione del locale con la massima temperatura operativa dell'edificio, in cui la temperatura operativa supera la temperatura di riferimento, è inferiore al 30%		0
BUONO	Il numero di ore di occupazione del locale con la massima temperatura operativa dell'edificio, in cui la temperatura operativa supera la temperatura di riferimento, è inferiore al 20%		3
OTTIMO	Il numero di ore di occupazione del locale con la massima temperatura operativa dell'edificio, in cui la temperatura operativa supera la temperatura di riferimento, è inferiore al 10%		5

Metodo e strumenti di verifica

1. Calcolare, per ciascun ambiente dell'edificio destinato alla permanenza delle persone, la temperatura operativa con la UNI EN ISO 52018-1:2018 in assenza di impianto di raffrescamento.

La verifica del criterio deve essere effettuata per gli ambienti dell'edificio destinati alla permanenza delle persone, ovvero per tutti i locali esclusi quelli di servizio e i disimpegno. Calcolare il valore superiore della temperatura di riferimento oraria esterna secondo la categoria III della UNI EN 15251:2008. La temperatura di riferimento si calcola dalla UNI EN 15251 considerando la running mean outdoor temperature.

Calcolare il numero di ore in cui la temperatura operativa supera la temperatura di riferimento precedentemente calcolata.

2. Individuare per ogni vano lo scenario che meglio descrive le caratteristiche dell'edificio e attribuire il punteggio



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

5.3 Efficienza energetica dell'involucro

Impatti ambientali e sanitari

Secondo i dati ENEA pubblicati nel Rapporto Annuale Efficienza Energetica del 2020¹⁰⁶, in Italia circa il 55% degli edifici residenziali esistenti risale agli anni '60 e una buona parte di questi (circa un quarto) non ha mai subito interventi di ristrutturazione o riqualificazione energetica. Per oltre il 25% degli edifici di cui sopra si evidenziano consumi annuali che vanno da un minimo di 160 kWh/m² all'anno ad oltre 220 kWh/m² all'anno. Un ulteriore dato di interesse è relativo alla spesa sostenuta in Italia nel 2017 per gli interventi di ristrutturazione su edifici esistenti: per tali interventi sono stati spesi circa 47 miliardi di euro, pari a oltre il doppio (19 miliardi di euro) della spesa sostenuta per l'acquisto di nuove abitazioni. Inoltre, risultano in crescita gli investimenti per la riqualificazione energetica degli edifici anche in virtù alla spinta data dai bonus statali che hanno incentivato il privato ad effettuare interventi per l'efficientamento degli edifici, determinando la contestuale ripresa del settore delle costruzioni.

In ambito domestico, buona parte dei consumi energetici vengono sprecati a seguito delle dispersioni termiche dell'involucro e a causa delle inefficienze delle apparecchiature elettriche. La ridotta efficienza energetica degli edifici determina dunque l'incremento della domanda di energia elettrica, con conseguenti ulteriori impatti ambientali correlati ai processi di produzione, trasformazione e distribuzione dell'energia stessa, che ancora per la gran parte deriva da fonti non rinnovabili.

È dunque fondamentale, a partire dalla fase progettuale, adottare soluzioni e strategie tecniche nella costruzione degli edifici, ed in particolare dell'involucro (ossia tutto l'insieme di elementi quali pareti, coperture, infissi, ecc., che separano gli ambienti interni dall'esterno) al fine di limitare il fabbisogno energetico. Oltre a tali aspetti, argomento del presente capitolo, si devono associare le misure di efficientamento impiantistico e, laddove possibile, l'integrazione di sistemi di produzione energetica da fonti rinnovabili (impianti fotovoltaici, pannelli solari, impianti a biomassa ecc.).

Nell'ambito del raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione e di sviluppo sostenibile, è da sottolineare il ruolo dell'innovazione tecnologica dei sistemi di produzione e distribuzione dell'energia elettrica, orientata alla transizione dal sistema di tradizionale, costituito da una rete elettrica unidirezionale (dal fornitore centralizzato all'utente finale) a quello delle reti intelligenti (smart grid) in cui ogni nodo della rete può essere una unità di produzione (es. impianti eolici e/o fotovoltaici residenziali o aziendali, piccole centrali a biomassa, ecc.) allacciata direttamente alla rete elettrica di distribuzione che, dotata attraverso particolari dispositivi, può gestire i flussi di energia in relazione, ad esempio, agli eventuali surplus di energia prodotta o gli incrementi di fabbisogni localizzati. Tali aspetti sono particolarmente importanti soprattutto se l'energia deriva da fonti energetiche rinnovabili dipendenti dalle condizioni meteorologiche.

A tal riguardo, in Sardegna è in atto il Progetto Complesso "Reti intelligenti per la gestione efficiente dell'energia" (POR FESR 2014-2020 (Azione 1.2.2) - Strategia di Specializzazione Intelligente (S3) della Regione Sardegna) che nasce dall'esperienza maturata dalla *Piattaforma energie rinnovabili* a partire dal POR FESR 2007-2014, in particolar modo con il Progetto Cluster *Energie rinnovabili*, che ha visto il coinvolgimento di circa 40 tra imprese, organismi di ricerca e enti pubblici regionali. Nell'ambito del suddetto Progetto Complesso si inquadra il Programma "*Interventi per la promozione di microreti elettriche nelle imprese della Sardegna*" con il quale ci si propone di sostenere la realizzazione di microreti elettriche da parte delle imprese della Sardegna. Attraverso l'utilizzo di sistemi di accumulo e di opportuni sistemi di gestione, si potrà realizzare l'integrazione tra produzione, accumulo e consumo, per massimizzare l'autoconsumo. Tale Programma fa parte della *Raccomandazione 3 - Misura 8 "Decarbonizzare l'economia"*, inserita tra gli interventi del periodo febbraio 2020- gennaio 2021 del PNR 2021 (DGR n. 11/12 del 24.03.2021)).

¹⁰⁶<https://www.energiaenergetica.enea.it/publicazioni/raee-rapporto-annuale-sull-efficienza-energetica/rapporto-annuale-sull-efficienza-energetica-2021.html>



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Ad oggi il D.Lgs. n. 192 del 19 agosto 2005 e ss.mm.ii. recante “Attuazione della direttiva (UE) 2018/844, che modifica la direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia e la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, della direttiva 2010/31/UE, sulla prestazione energetica nell'edilizia, e della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia” (titolo modificato dal D.Lgs. 10 giugno 2020 n. 48) rappresenta il riferimento nazionale per il calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici di nuova costruzione e per gli interventi di riqualificazione. Il suddetto Decreto introduce, tra l'altro, i requisiti minimi delle prestazioni energetiche degli edifici ed i relativi metodi di calcolo, i criteri per la certificazione energetica degli edifici, nonché gli accertamenti e le ispezioni sugli edifici e sugli impianti per la verifica di conformità al progetto.

Il Decreto del 26 giugno 2015 (*Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti degli edifici*) ha aggiornato il modello di attestato di prestazione energetica (APE) e lo schema di annuncio commerciale che offre informazioni relative all'efficienza degli edifici e degli impianti in esso presenti, consentendo una immediata identificazione della qualità energetica dell'immobile, attraverso il confronto dell'edificio reale con un edificio di riferimento, ossia un edificio identico a quello di progetto (o esistente) sotto il profilo strutturale (morfologia della sagoma, volumi, superficie calpestabile, ecc.), dell'orientamento, dell'ubicazione territoriale, della destinazione d'uso e delle condizioni al contorno e avente caratteristiche termiche e parametri energetici predeterminati e dotato di impianti tecnici di riferimento.

La classe energetica dell'edificio viene determinata attraverso l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile (EP_{gl,nren}). Tale indice tiene conto del fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per la climatizzazione invernale ed estiva (EP_{H,nren} ed EP_{C,nren}), per la produzione di acqua calda sanitaria (EP_{W,nren}), per la ventilazione (EP_{V,nren}) e, nel caso del settore non residenziale, per l'illuminazione artificiale (EP_{L,nren}) e il trasporto di persone o cose (EP_{T,nren}). Esso si determina come somma dei singoli servizi energetici forniti nell'edificio ed è espresso in kWh/m² anno, in relazione alla superficie utile di riferimento.

L'APE deve pertanto contenere, tra l'altro, tutti i suddetti indici e la classe energetica dell'edificio che va dalla classe A4 (la migliore) a G (la peggiore). Devono inoltre essere riportate le raccomandazioni per il miglioramento dell'efficienza energetica con le proposte degli interventi più significativi ed economicamente convenienti, indicando se si è in presenza di interventi di ristrutturazione importanti o di riqualificazione energetica.

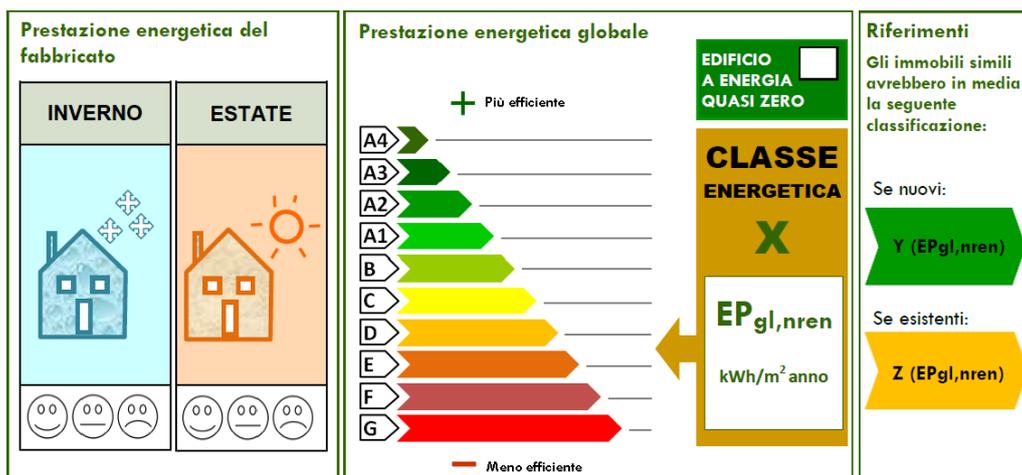


Figura 5.4: estratto dal Format di Attestato di Prestazione Energetica – Appendice B D.M. 26 giugno 2015

Come anticipato, la realizzazione di ambienti indoor sempre più energivori, così come l'adozione di abitudini e stili di vita che necessitano un forte dispendio di energia elettrica, dà luogo a evidenti impatti ambientali legati alla produzione di energia da fonti fossili e in particolare al deterioramento della qualità dell'aria, che, come evidenziato nei capitoli 4.1 e 4.4, può portare all'aumento della mortalità soprattutto per



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

patologie respiratorie e cardiovascolari, nonché all'aumento dell'incidenza di tumori polmonari anche in soggetti non fumatori.

L'eccessiva domanda di energia per il riscaldamento ed il raffrescamento, è causa di impatti sanitari assai rilevanti per la popolazione e ancora più importanti per coloro che occupano edifici obsoleti caratterizzati da una maggiore dispersione termica e dal conseguente incremento dei costi energetici – che in genere sono occupati da persone che vivono in condizioni più svantaggiate e dispongono di minori risorse economiche. Questi ultimi, infatti, non essendo in grado di far fronte alle spese per il consumo di energia, possono avere difficoltà nel soddisfare i bisogni primari come riscaldare gli ambienti, preparare il cibo, dotare gli ambienti di una illuminazione sufficiente, ecc., innescando così condizioni sfavorevoli per la salute.

Finalità
Ridurre il fabbisogno energetico degli edifici e garantire il benessere degli occupanti.
Obiettivi prestazionali sanitari e ambientali
Adottare soluzioni progettuali e tecniche costruttive dell'involucro edilizio finalizzate a ridurre il fabbisogno energetico dell'edificio e minimizzare i consumi energetici per il riscaldamento invernale e per il raffrescamento estivo.
Buone pratiche
Realizzare edifici con classe energetica altamente performante (da A4 a B). Adottare strategie di costruzione di tipo passivo in grado di limitare il fabbisogno energetico degli edifici e garantire adeguati livelli di comfort agli occupanti. A tal proposito, si richiamano le seguenti tipologie di intervento che concorrono al raggiungimento della suddetta finalità: <ul style="list-style-type: none">- selezionare i materiali isolanti degli elementi strutturali in relazione alle caratteristiche di conduttività termica, permeabilità al vapore e compatibilità ambientale, prediligendo l'impiego di materiali costituiti da materie prime rinnovabili o riciclabili (es. fibre di legno, sughero, lino, lana di pecora). Utilizzare materiali che, in relazione alle loro caratteristiche fisiche (es. spessore, densità, capacità termica), garantiscano buone proprietà di isolamento e di inerzia termica in condizioni sia estive che invernali;- curare la progettazione delle caratteristiche di isolamento termico degli infissi esterni;- ottimizzare lo sfruttamento dell'irraggiamento solare incidente sulle superfici dell'involucro edilizio ricorrendo, laddove è possibile, a <i>sistemi solari passivi</i> a guadagno diretto, indiretto o isolato, correttamente dimensionati ed integrati nell'organismo dell'edificio (si rimanda alla sezione "Approfondimenti" del presente capitolo per maggiori dettagli su tali sistemi costruttivi).- analizzare e regolare gli apporti termici da irraggiamento solare nell'arco dell'anno, adottando opportune schermature nei periodi estivi che garantiscano la contestuale illuminazione naturale degli ambienti interni;- curare la ventilazione naturale degli ambienti interni – anche attraverso il corretto orientamento dell'edificio – e, laddove questo non sia possibile a causa delle condizioni esterne non idonee (es. condizioni climatiche avverse, inquinamento cronico dell'aria esterna, ecc.), ricorrere alla ventilazione meccanica controllata possibilmente integrata con sistemi di recupero di calore ad alto rendimento;- prevenire la formazione di condensa superficiale ed interstiziale progettando e realizzando le superfici murarie esterne dell'involucro con permeabilità al vapore crescente dall'interno verso l'esterno;- minimizzare la formazione di ponti termici, curando le discontinuità e/o giunzioni strutturali che possono provocare variazioni nella distribuzione della temperatura delle murature;- ridurre la risalita capillare di umidità proveniente dal suolo e che interessa le superfici a diretto contatto con l'involucro (es. fondazioni, pavimenti e muri perimetrali di locali interrati e semi-interrati), attraverso la realizzazione di vespai, possibilmente aerati, e l'adozione di materiali isolanti e drenanti.
A partire dalla fase progettuale, adottare strategie attive per il risparmio energetico, dotando l'edificio di impianti per la produzione di energia elettrica e termica da fonti rinnovabili e di sistemi impiantistici



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÉNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

efficienti a basso consumo). Introdurre, ad esempio attraverso indicazioni nell'uso e manutenzione dell'edificio, misure organizzative e comportamentali indirizzate agli occupanti (o i gestori dell'edificio stesso) di ausilio per minimizzare i consumi energetici.

Strumenti di verifica

Verifica delle superfici soleggiate con orientamento Est-Ovest, passando per Sud, effettuata per ogni mese dell'anno, tenendo conto delle eventuali ombre portate sull'involucro da parte di ostruzioni artificiali (es. edifici) e/o naturali (es. alberi) o elementi propri dell'edificio (es. balconi, pensiline, pergolati, ecc.).

Verifica delle caratteristiche dimensionali, posizione e prestazioni dei dispositivi di schermatura solare.

Verifica delle specifiche tecniche ed eventuali relative certificazioni degli infissi esterni.

Verifica dell'effettivo guadagno solare correlato ad eventuali sistemi solari passivi presenti nell'edificio.

Verifica dell'Attestato di Prestazione energetica dell'edificio.

Approfondimenti

Il tema dell'efficientamento energetico assume da tempo un peso crescente e un ruolo centrale nella progettazione edilizia, sostenuto dall'esigenza di contenere i consumi sia per ridurre gli impatti ambientali sia per abbattere i costi di approvvigionamento di energia elettrica, sempre fortemente legati all'assetto geopolitico ed al mutare delle relazioni internazionali tra i Paesi maggiormente energivori ed i principali Paesi produttori di fonti energetiche tradizionali.

La Direttiva 2002/91/CE del 16.12.2002 sul rendimento energetico nell'edilizia rappresenta la prima EPBD (Energy Performance Building Directive) che ha messo l'accento sulla necessità di limitare i consumi energetici degli edifici, soprattutto se derivanti da fonti non rinnovabili. La suddetta Direttiva precisa che tale esigenza deriva dal fatto che l'energia impiegata nel settore residenziale e nel terziario, composto per la maggior parte di edifici, presenta oltre il 40% del consumo finale di energia della Comunità Europea, con tendenza all'incremento nei tempi futuri ed il conseguente aumento delle emissioni di inquinanti in atmosfera, come il monossido di carbonio.

È dunque fondamentale adottare delle misure per il miglioramento del rendimento energetico degli edifici che tengano conto delle condizioni climatiche locali, nonché dell'ambiente termico interno all'edificio, valutando, tra l'altro, l'efficacia di riduzione dei costi correlati ai consumi energetici.

Alla Direttiva 2002/91 ha fatto seguito la seconda Direttiva EPBD (Direttiva 2010/31/UE) che, oltre a specificare i requisiti minimi di efficienza per gli edifici più restrittivi, introduce la definizione di Edificio nZEB (nearly Zero Energy Building), ossia edificio ad energia *quasi zero*, inteso come edificio ad altissima prestazione energetica il cui fabbisogno energetico, molto basso o quasi nullo, dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa l'energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o nelle vicinanze. La terza Direttiva EPBD (Direttiva UE 2018/844), attualmente in vigore, introduce dei metodi più raffinati e complessi per il calcolo della prestazione energetica dell'edificio utili per la Diagnosi Energetica.

Progettare e costruire gli edifici secondo i principi evidenziati nelle Direttive EPBD e, in particolare, tenendo conto delle condizioni climatiche locali non è, tuttavia, un elemento peculiare solo dell'architettura moderna ma una pratica molto antica, che trova riscontro nelle caratteristiche strutturali degli edifici realizzati in passato, nei materiali da costruzione impiegati e in tanti accorgimenti funzionali finalizzati a rendere più confortevoli gli ambienti di vita anche in condizioni climatiche estreme.

In epoca moderna, la necessità di contenere i consumi energetici e le emissioni di inquinanti in atmosfera derivanti da fonti energetiche fossili, ha portato ad ottimizzare tali metodi costruttivi per realizzare *edifici passivi*, ossia edifici a ridotto fabbisogno energetico, caratterizzati da un involucro edilizio altamente isolato, poco dispersivo, in cui le condizioni termoisometriche interne vengono mantenute ai livelli ottimali minimizzando il ricorso ai sistemi tradizionali di raffrescamento e riscaldamento. In tale ambito, l'ottimizzazione dello sfruttamento dell'irraggiamento solare incidente sulle superfici dell'involucro edilizio è senza dubbio il meccanismo naturale più conosciuto per trasferire calore all'interno degli ambienti.

I sistemi costruttivi che consentono tale apporto termico vengono definiti *sistemi solari passivi* e possono essere distinti in:



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

- sistemi a guadagno diretto: costituiti da ampie superfici vetrate esposte a Sud e una elevata coibentazione delle pareti interne che consentono l'ingresso diretto dei raggi solari nell'ambiente interno (Figura 5.5);
- sistemi a guadagno indiretto: basati sul riscaldamento dell'aria racchiusa all'interno di una camera interna al muro dell'involucro edilizio (es. muro di Trombe, roof pond, ecc.). Il calore viene ceduto all'ambiente interno per conduzione o per convezione, attraverso delle apposite aperture comunicanti con l'interno. Durante il periodo estivo il sistema si comporta come un *camino solare*, per cui il moto ascensionale della massa d'aria calda determina un flusso di aria più fresca all'interno degli ambienti (Figura 5.6).
- sistemi a guadagno isolato: è un esempio la *serra solare*, ossia un volume chiuso interno all'edificio con superfici vetrate e contiguo al locale abitativo. I raggi solari penetrano all'interno del vano e danno luogo al guadagno termico che può essere trasferito direttamente all'interno dell'edificio, in assenza di muri di separazione, oppure ceduto attraverso il flusso di aria calda passante da appostiate bocchette o ancora trasferito per scambio radiante di muri perimetrali pesanti realizzati appositamente realizzati per determinare un accumulo termico (Figura 5.7).

In tutti i casi in cui si ricorre a sistemi di termoregolazione passiva è fondamentale prevedere efficaci sistemi di controllo dell'irraggiamento solare mediante apposite schermature, così come evidenziato nei capitoli 3.4 e 5.2 del presente Documento.

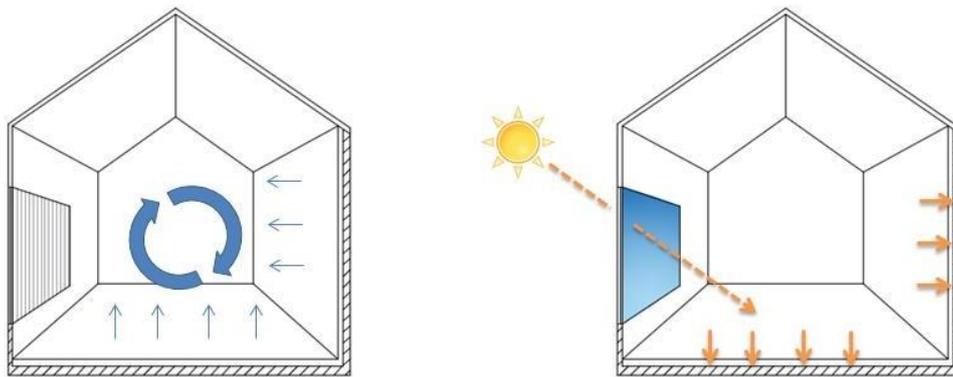


Figura 5.5: esempio di sistema solare passivo a guadagno diretto.

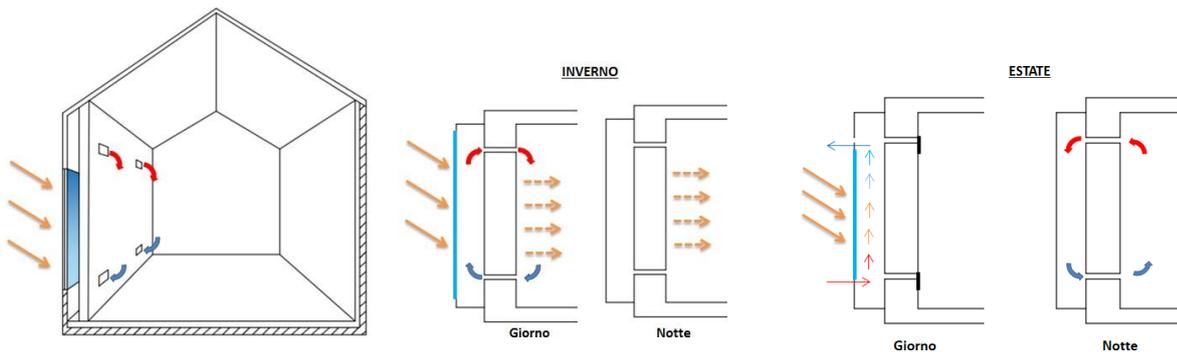


Figura 5.6: esempio di sistema solare passivo a guadagno indiretto (muro di Trombe).



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

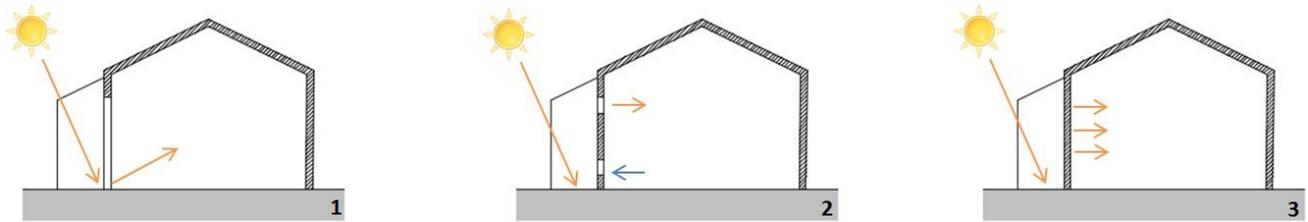


Figura 5.7: esempio di sistema solare passivo a guadagno isolato (serra solare). 1) serra a guadagno diretto; 2) serra a scambio convettivo; 3) serra a scambio radiante.

L'efficientamento energetico e la riduzione del consumo di energia da fonti non rinnovabili sono una componente preponderante dei criteri di valutazione della prestazione degli edifici contenuti nella Prassi di Riferimento UNI/Pdr 13.2019. Infatti, la suddetta Prassi presenta ben sette criteri specificatamente dedicati al tema della prestazione energetica dell'edificio e di seguito brevemente esposti:

- Criterio B.1.2 *Energia primaria globale non rinnovabile*: finalizzato a determinare e valutare la percentuale di riduzione dell'indice di prestazione energetica non rinnovabile in termini di rapporto tra l'indice di energia primaria globale non rinnovabile dell'edificio e il corrispondente valore dell'edificio di riferimento considerato per il calcolo della classe energetica.
- Criterio B.1.3 *Energia primaria totale*: finalizzato a determinare e valutare la percentuale di riduzione dell'indice di prestazione energetica totale in termini di rapporto tra l'indice di energia primaria globale totale dell'edificio e il corrispondente valore limite previsto di riferimento dalla normativa vigente dell'edificio.
- Criterio B.3.2 *Energia rinnovabile per usi termici*: orientato a determinare e valutare il rapporto percentuale tra la quota di energia rinnovabile per i servizi di riscaldamento, raffrescamento e produzione di acqua calda sanitaria attraverso il corrispondente valore limite previsto dal D.Lgs. 28/2011 e ss.mm.ii, recante "Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE".
- Criterio B.3.2 *Energia rinnovabile per usi elettrici*: la cui esigenza è incoraggiare l'uso di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili. L'indicatore di prestazione è, in questo caso, il rapporto percentuale tra la potenza degli impianti di fonti energetiche rinnovabili installati sopra o all'interno o nelle immediate vicinanze dell'edificio e la potenza limite fissata dal D.Lgs. 28/2011 e ss.mm.ii di cui sopra.
- Criterio B.6.1 *Energia termica utile per il riscaldamento*: finalizzato a determinare il rapporto percentuale tra il fabbisogno di energia utile per il riscaldamento invernale dell'involucro edilizio dell'edificio da valutare e quello dell'edificio di riferimento.
- Criterio B.6.2 *Energia termica utile per il raffrescamento*: orientato a determinare il rapporto percentuale tra il fabbisogno di energia utile per il raffrescamento estivo dell'involucro edilizio dell'edificio da valutare e quello dell'edificio di riferimento.
- Criterio B.6.3 *Coefficiente medio globale di scambio termico*: nell'ottica di ridurre la dispersione termica nel periodo invernale, il presente criterio è orientato a determinare il rapporto percentuale tra il coefficiente medio globale di scambio termico dell'edificio da valutare, considerando anche tutti i ponti termici, e quello definito dalla normativa vigente.

Come esaminato nei precedenti capitoli del presente Documento, la UNI/Pdr 13.2019 include ulteriori criteri di valutazione che tengono conto dell'esigenza di ridurre i consumi energetici dell'edificio a partire, ad



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

esempio, dal controllo degli apporti termici naturali (Criterio B.6.4 *Controllo della radiazione solare*), il mantenimento di un adeguato comfort termico nel periodo estivo (Criterio D.3.2 *Temperatura operativa nel periodo estivo*), e ancora mediante l'installazione di sistemi di ventilazione meccanica ad alta efficienza (Criterio D.2.2 *Qualità dell'aria e ventilazione meccanica*).



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Riferimenti bibliografici

- Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA). Rapporto Annuale sull'Efficienza Energetica. 2020.
- Brivido S.F. Schermature solari e tende tecniche. Metodi e soluzioni di progetto, tipologie, risparmio energetico. I libri di Arketipo, Gruppo 24 ore, 2010.
- D.Lgs. 192 del 19 agosto 2005. Attuazione della direttiva (UE) 2018/844, che modifica la direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia e la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, della direttiva 2010/31/UE, sulla prestazione energetica nell'edilizia, e della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia. (GU n.222 del 23-09-2005 - Suppl. Ordinario n. 158)
- D.M. del 26 giugno 2015. Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti degli edifici. (GU Serie Generale n.162 del 15-07-2015 - Suppl. Ordinario n. 39).
- D.M. del 23 giugno 2022 recante "Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l'affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l'affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi". (22A04307) (GU Serie Generale n.183 del 06-08-2022).
- Direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico dell'edilizia.
- Direttiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia (rifusione)
- Direttiva (UE) 2018/844 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 30 maggio 2018 che modifica la direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia e la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica.
- UNI ISO EN 7730. Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale.
- Prassi di Riferimento UNI: UNI/PdR 13.0:2019 Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità - Inquadramento generale e principi metodologici. (link: https://www.itaca.org/valutazione_sostenibilita.asp)
- Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.1:2019. Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità - Edifici residenziali. (link: https://www.itaca.org/valutazione_sostenibilita.asp)
- Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.2:2019. Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità - Edifici non residenziali. (link: https://www.itaca.org/valutazione_sostenibilita.asp)



6. GESTIONE E MANUTENZIONE DELL'EDIFICIO

6.1 Gestione dei rifiuti solidi urbani

Impatti ambientali e sanitari

Secondo il Comunicato della Commissione Europea (Comunicato 2020-98) recante “*Un nuovo piano d'azione per l'economia circolare per un'Europa più pulita e competitiva*”, la produzione annuale dei rifiuti aumenterà del 70% entro il 2050 e raddoppierà il consumo complessivo dei materiali come i combustibili fossili, i metalli e i minerali. L'Unione Europea dovrà dunque accelerare la transizione verso un modello di crescita rigenerativo, attraverso l'adozione di strategie che consentano di mantenere il consumo delle risorse entro i limiti della sostenibilità e incrementare la percentuale di materiali provenienti dal recupero e dal riciclaggio, rafforzando il sistema dell'economia circolare.

Per ottenere un sistema di riciclaggio di alta qualità è fondamentale adottare un efficiente modello di raccolta differenziata, tenendo conto delle diverse situazioni locali.

Secondo i dati ISPRA (<https://www.catasto-rifiuti.isprambiente.it/>) nel 2021 la percentuale di raccolta differenziata di rifiuti solidi urbani (RSU) è stata pari al 64,00%, con percentuali decrescenti tra Nord, Centro e Sud. Dal 2006 al 2016 si è osservata una progressiva riduzione della produzione pro-capite di rifiuti che si è stabilizzata negli ultimi anni (BES 2021 “*Il benessere equo e sostenibile in Italia*” - ISTAT 2022).

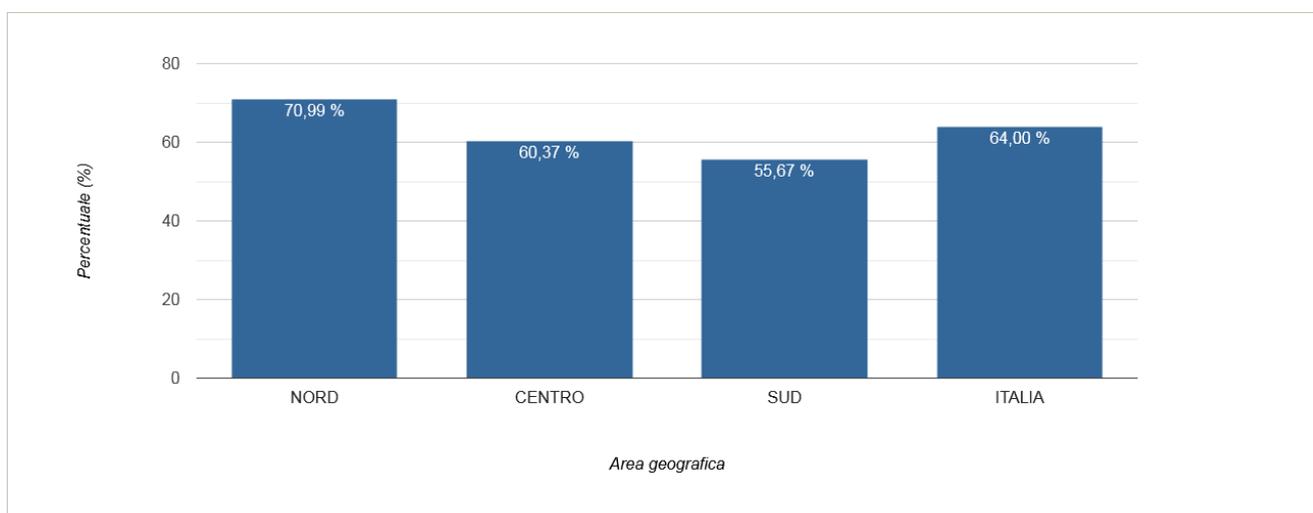


Figura 6.1: percentuale di raccolta differenziata di RSU per macroarea- Anno 2021. Fonte: ISPRA.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

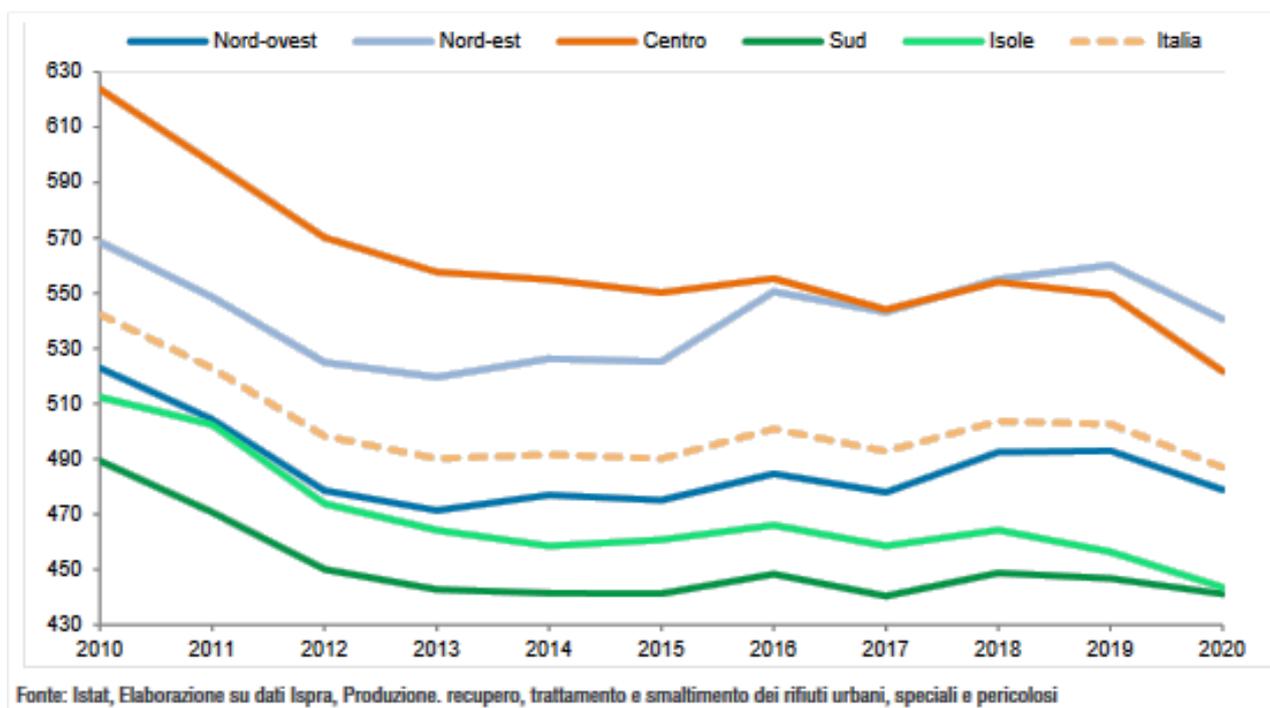


Figura 6.2: RSU prodotti per ripartizione geografica. Anni 2010-2020. Chilogrammi per abitante. Fonte: Rapporto BES 2021 (ISTAT, 2022).

In Sardegna, nel 2021 la produzione pro-capite di rifiuti urbani (RSU) è stata pari a 473,0 kg di RSU/ab anno e la percentuale di raccolta differenziata (RD) è risultata pari a 74,88%, seconda solo al Veneto, con una percentuale di RD pari al 76,2%.

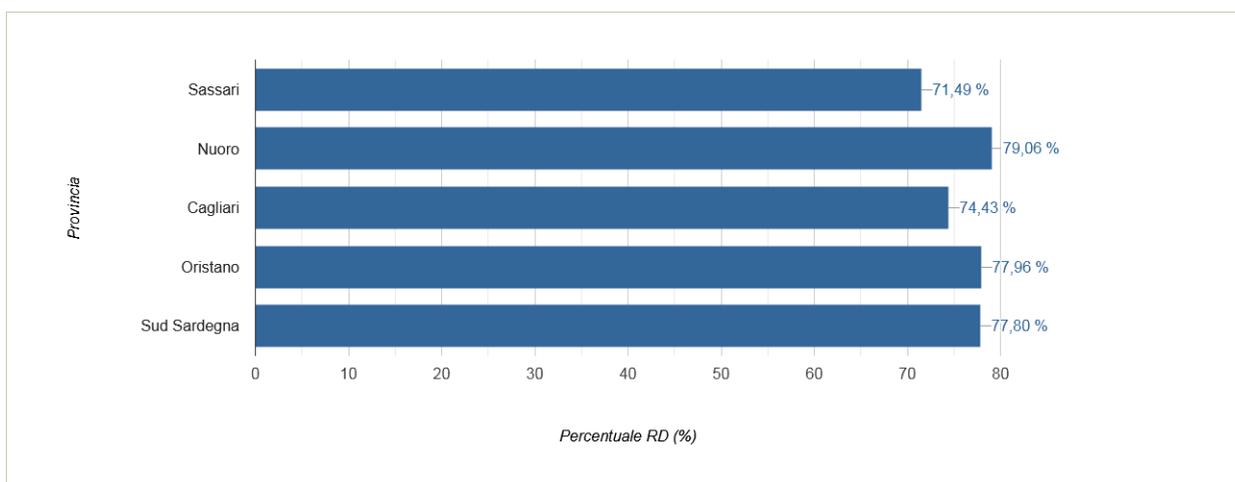


Figura 6.3: percentuale di RD su scala provinciale – Regione Sardegna, anno 2021. Fonte: ISPRA.



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

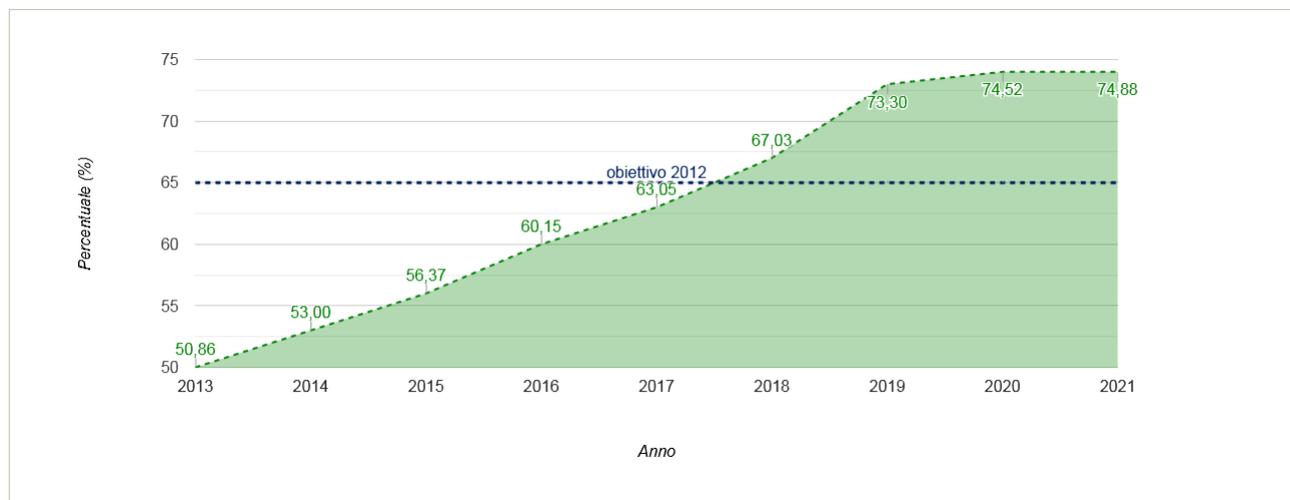


Figura 6.4: andamento della percentuale di RD – Regione Sardegna, anni 2013-2021 ed obiettivo di RD nazionale al 2012 individuato dall'art. 205 del D.Lgs. 152/2006 Fonte: ISPRA.

Al fine di incentivare la differenziazione dei rifiuti solidi urbani è fondamentale che le utenze siano adeguatamente organizzate affinché la raccolta avvenga assicurando le adeguate condizioni di salubrità, sicurezza e decoro. Tale aspetto risulta particolarmente importante soprattutto nei quartieri densamente abitati, dove le pertinenze esterne degli edifici sono assenti o di dimensioni particolarmente limitate. Infatti, soprattutto in ambito cittadino gli spazi adibiti per i contenitori della raccolta differenziata sono frequentemente dislocati in prossimità dell'edificio stesso, spesso in vicinanza di porte e finestre dei locali al piano terra, dando luogo ad indesiderate maleodoranze e/o richiamando insetti/animali che possono essere vettori di agenti patogeni.

Gli aspetti gestionali dei rifiuti solidi urbani influenzano fortemente la qualità dell'ambiente e della salute. La stima dei rischi potenziali per la salute è materia di grande complessità e difficoltà. La letteratura scientifica riporta numerosi studi relativi agli effetti a lungo termine sulla salute della popolazione residente in prossimità di impianti di stoccaggio e/o trattamento di rifiuti solidi urbani associati all'esposizione ai fattori di rischio correlati a tali attività. I principali problemi sono legati alla gestione dei rifiuti a livello e variano a seconda delle modalità di conferimento, stoccaggio e di gestione quotidiana del rifiuto.

Esse includono:

- disagio olfattivo, dovuto ai processi putrefattivi dei rifiuti organici, con emanazione di cattivi odori. Tali odori attirano insetti dando luogo a possibili problemi di contaminazione di alimenti;
- richiamo di altri agenti infestanti. La presenza dei quali varia in funzione della collocazione dell'edificio e della sede di stoccaggio dei rifiuti (interna o esterna). Essi includono: insetti (es: scarafaggi, formiche, ecc.), uccelli (es: piccioni, gabbiani), roditori (es: topi, ratti, ecc.) ed altri mammiferi (es: cani, gatti, cinghiali, ecc.).

I rifiuti, così come le derrate alimentari mal conservate, sono ambienti nei quali i parassiti, utilizzando come vie d'accesso cavidotti e condutture, trovano nutrimento e condizioni ottimali per moltiplicarsi. Nelle aree temperate, parassiti come acari e scarafaggi possono scatenare reazioni allergiche.

Si stima che circa il 10-20% della popolazione sia potenzialmente interessata e l'eccesso di umidità, accompagnato da una scarsa ventilazione, aumentano il rischio di esposizione.

L'asma è una malattia allergica che interessa circa il 5-15% dei bambini e nell'80% dei bambini affetti è di tipo allergico. In un ambiente urbano, la sensibilizzazione a parassiti, acari della polvere, è comune tra gli asmatici di diverse età con tassi di sensibilizzazione che variano molto tra le città e, all'interno delle città, tra gruppi etnici e quartieri, in relazione al livello socio-economico.

Gli studi hanno dimostrato una chiara relazione tra l'aumento dell'esposizione domestica agli allergeni e un aumento del rischio di sensibilizzazione allergica e asma grave complicate dalla necessità del ricorso a pesticidi per eliminare le eventuali infestazioni. Le vie di esposizione più comuni a questi prodotti sono quella cutanea e l'inalazione, nonché l'ingestione accidentale dei bambini.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

I rifiuti devono pertanto essere conservati in contenitori puliti e chiusi, da svuotare regolarmente. In contesti residenziali, le aree esterne adibite allo stoccaggio dei rifiuti solidi urbani, devono essere adeguatamente pulite e deve essere effettuata la regolare manutenzione degli spazi.

Finalità
Ridurre l'esposizione agli odori e agli agenti patogeni correlati alla vicinanza all'edificio degli spazi adibiti al deposito di contenitori per la raccolta dei rifiuti solidi urbani.
Obiettivi prestazionali sanitari e ambientali
Garantire idonei spazi per la raccolta dei rifiuti solidi urbani attraverso adeguate strategie progettuali e in accordo con quanto previsto dal modello di raccolta differenziata previsto e adottato dall'Ente gestore. Identificare le attività di manutenzione dei punti di raccolta dei RSU necessarie a mantenere efficienti e salubri tali spazi.
Buone pratiche
<p>Progettare gli spazi esterni dell'edificio e/o le relative pertinenze esterne affinché siano dotate di zone specificatamente destinate al deposito dei contenitori per la raccolta differenziata dei rifiuti solidi urbani. Tali spazi devono essere dislocati quanto più lontano dagli edifici e facilmente accessibili dagli utenti e dagli operatori che effettuano la raccolta (specialmente nel caso di raccolta con sistema "porta a porta"). Inoltre, gli spazi di raccolta devono evitare la dispersione dei rifiuti stoccati ed essere possibilmente dotati di idonei punti acqua per il lavaggio periodico dei contenitori e delle superfici dei piazzali, oltre che di un sistema di raccolta dell'acqua di lavaggio.</p> <p>Laddove è possibile, adottare sistemi per il mascheramento dei contenitori garantendo contestualmente la ventilazione dell'area. Qualora non sia possibile celare tali spazi, ricorrere a sistemi di raccolta che si integrino con il contesto urbano. Gli spazi dedicati agli RSU devono essere realizzati al riparo degli agenti atmosferici ed essere sufficientemente aerati in modo tale che, specialmente nei mesi estivi, non si raggiungano temperature elevate nell'area di stoccaggio.</p>
Strumenti di verifica
<p>Elaborati progettuali con individuazione degli spazi destinati al deposito dei contenitori per la raccolta differenziata dei rifiuti solidi urbani, nei quali vengono specificate le eventuali misure finalizzate a:</p> <ul style="list-style-type: none">• ridurre la propagazione di maleodoranze;• evitare il possibile richiamo di animali/insetti;• effettuare la periodica pulizia dei contenitori e della zona di deposito;• effettuare il mascheramento del punto di raccolta e garantire il decoro generale della zona.

Approfondimenti

La corretta raccolta dei RSU differenziati è senza dubbio fortemente condizionata dalla possibilità per l'utente di usufruire facilmente di adeguati spazi che facilitino il conferimento del rifiuto. In tal senso, tra i diversi aspetti di cui è necessario tenere conto per ottimizzare la raccolta dei RSU, influisce in maniera sostanziale la distanza che intercorre tra l'edificio e l'area attrezzata per la raccolta e la facilità di accesso a tali aree (es. assenza di scale, percorsi accidentati, ecc.).

Di tali aspetti la Prassi di Riferimento UNI/Pdr 13:2019 tiene conto nella definizione delle prestazioni dell'edificio, attraverso il criterio C.3.2 *Rifiuti solidi prodotti in fase operativa*, orientato a determinare e valutare, mediante una apposita scala prestazionale, il rapporto tra il numero di tipologie di rifiuto per le quali è presente un'area adibita alla raccolta differenziata entro i 50 m dall'ingresso dell'edificio, rispetto alle tipologie di rifiuto previste dal sistema di raccolta.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

SCHEDA CRITERIO C.3.2 – RIFIUTI SOLIDI PRODOTTI IN FASE OPERATIVA

CARICHI AMBIENTALI	NUOVA COSTRUZIONE RISTRUTTURAZIONE	C.3.2
Rifiuti solidi		
Rifiuti solidi prodotti in fase operativa		

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
C. Carichi ambientali	C.3 Rifiuti solidi	
ESIGENZA	PESO DEL CRITERIO	
Favorire la raccolta differenziata dei rifiuti solidi.	<u>nella categoria</u> <u>nel sistema completo</u>	
INDICATORE DI PRESTAZIONE	UNITA' DI MISURA	
Rapporto tra il numero di tipologie di rifiuto per le quali è presente un'area adibita alla raccolta differenziata entro 50 metri dall'ingresso dell'edificio rispetto alle tipologie di rifiuto di riferimento.	-	
SCALA DI PRESTAZIONE		
	-	PUNTI
NEGATIVO	<0,5	-1
SUFFICIENTE	0,5	0
BUONO	0,8	3
OTTIMO	1	5

Metodo e strumenti di verifica

1. Verificare la facilità di accesso all'area attrezzata da parte dei residenti e del personale incaricato alla raccolta, altrimenti assegnare il punteggio -1.

Analizzare le tavole di progetto e verificare che le aree attrezzate per la raccolta differenziata dei rifiuti siano facilmente accessibili (ad esempio assenza di scale, percorsi accidentati o nascosti, etc. dall'ingresso comune dell'edificio al luogo di raccolta) sia da parte degli abitanti dell'edificio che da parte del personale incaricato alla raccolta. Nel caso questo requisito non sia soddisfatto occorre assegnare al criterio punteggio -1.

2. Misurare la distanza fra l'accesso principale dell'edificio e l'area di raccolta della n-esima tipologia di rifiuti ad esempio (1. Carta, 2. Plastica, 3. Vetro, 4. Organico, 5. Alluminio/metalli, 6 indifferenziato, 7 RAEE). Per l'individuazione delle tipologie dei rifiuti fare riferimento a quelle previste nel Comune in cui è situato l'edificio. A tal fine allegare la documentazione relativa alle tipologie di raccolta differenziata presenti nel Comune interessato.

Se nel Comune in cui è situato l'edificio non è attivo un servizio di raccolta differenziata dei rifiuti occorre assegnare al criterio punteggio -1.

Nota 1 Nel caso in cui nell'edificio siano presenti più di un accesso calcolare la media delle misure delle distanze dei vari accessi.

Nota 2 Nel caso in cui nell'edificio sia servito dalla raccolta porta a porta per quelle tipologie di rifiuti incluse nel servizio considerare distanza inferiore a 50m.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

CARICHI AMBIENTALI

NUOVA COSTRUZIONE
RISTRUTTURAZIONE

C.3.2

Rifiuti solidi

Rifiuti solidi prodotti in fase operativa

Dall'analisi delle tavole di progetto e dalle relative relazioni tecniche verificare la presenza, all'interno o all'esterno del lotto di intervento, di una o più aree adibite alla raccolta differenziata dei rifiuti prendendo come riferimento le tipologie stabilite dal Comune in cui è situato l'edificio: es. carta, plastica, vetro, organico, alluminio/metalli, indifferenziato.

Misurare la distanza (Lin), secondo l'effettivo tragitto da percorrere, fra l'accesso principale dell'edificio e le aree di raccolta dei rifiuti.

3. Contare le tipologie dei rifiuti (fra quelle indicate) per le quali esiste un'area di raccolta a una distanza inferiore a 50 metri dall'ingresso dell'edificio.

Verificare quante delle aree individuate al punto precedente si trovano a una distanza (Lin) inferiore a 50 metri dall'ingresso dell'edificio.

4. Calcolare la disponibilità di aree raccolta rifiuti e attribuire il punteggio.

Contare la quantità di tipologie di rifiuti N_i per le quali la distanza (Lin) è inferiore a 50 metri

Calcolare la disponibilità di aree raccolta rifiuti come N_i/N_j

dove:

N_j = numero di tipologie di raccolta differenziata presenti nel comune in cui è situato l'edificio

Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

6.2 Gestione e tutela delle acque

Impatti ambientali e sanitari

Secondo il Report “*Le statistiche dell'ISTAT sull'acqua - anni 2018-2020*” (aggiornamento del 21 marzo 2021)¹⁰⁷, l'Italia detiene il primato da oltre venti anni per il prelievo di acqua ad uso potabile da corpi idrici superficiali o sotterranei. In Italia il consumo pro-capite di acqua è pari a 153 m³/anno per abitante, in seconda posizione dopo la Grecia con 157 m³/anno per abitante. L'Italia è tra i paesi che sfruttano fortemente le acque sotterranee, sorgenti e pozzi, che rappresentano per il territorio italiano la risorsa più grande e preziosa di acqua dolce (l'84,8% del totale prelevato) necessaria a soddisfare le richieste idropotabili della popolazione.

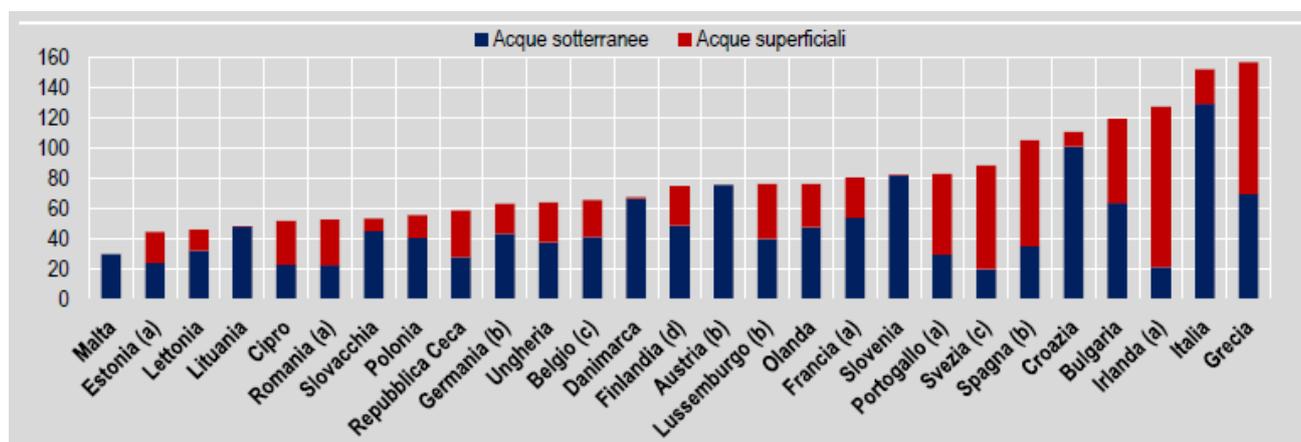


Figura 6.5: prelievo di acqua per uso potabile (m³/anno per abitante) nei Paesi UE27. Anno 2018 o ultimo disponibile. Fonte: *Le statistiche dell'ISTAT sull'acqua. Anni 2018-2020*. ISTAT 2021.

Secondo il rapporto BES 2021 “*Il benessere equo e sostenibile in Italia*” (ISTAT 2022) nel 2020, nei comuni capoluogo di provincia sono stati complessivamente immessi nelle reti di distribuzione dell'acqua potabile 370 litri per abitante al giorno, complessivamente 2,4 miliardi di metri cubi di acqua, ed erogati per usi autorizzati agli utenti finali 236 litri per abitante al giorno (1,5 miliardi di metri cubi al giorno). Tuttavia, non tutta l'acqua immessa nelle reti di distribuzione comunali raggiunge gli utenti finali. In particolare, nel 2020, nei comuni capoluogo il 36,2% dell'acqua immessa in rete è andato disperso (era il 37,3% nel 2018), con una perdita giornaliera per km di rete pari a 42 metri cubi (in linea con il 2018). Nello stesso anno, undici capoluoghi del Mezzogiorno, a causa dell'obsolescenza dell'infrastruttura idrica, hanno fatto ricorso a misure di razionamento nella distribuzione dell'acqua.

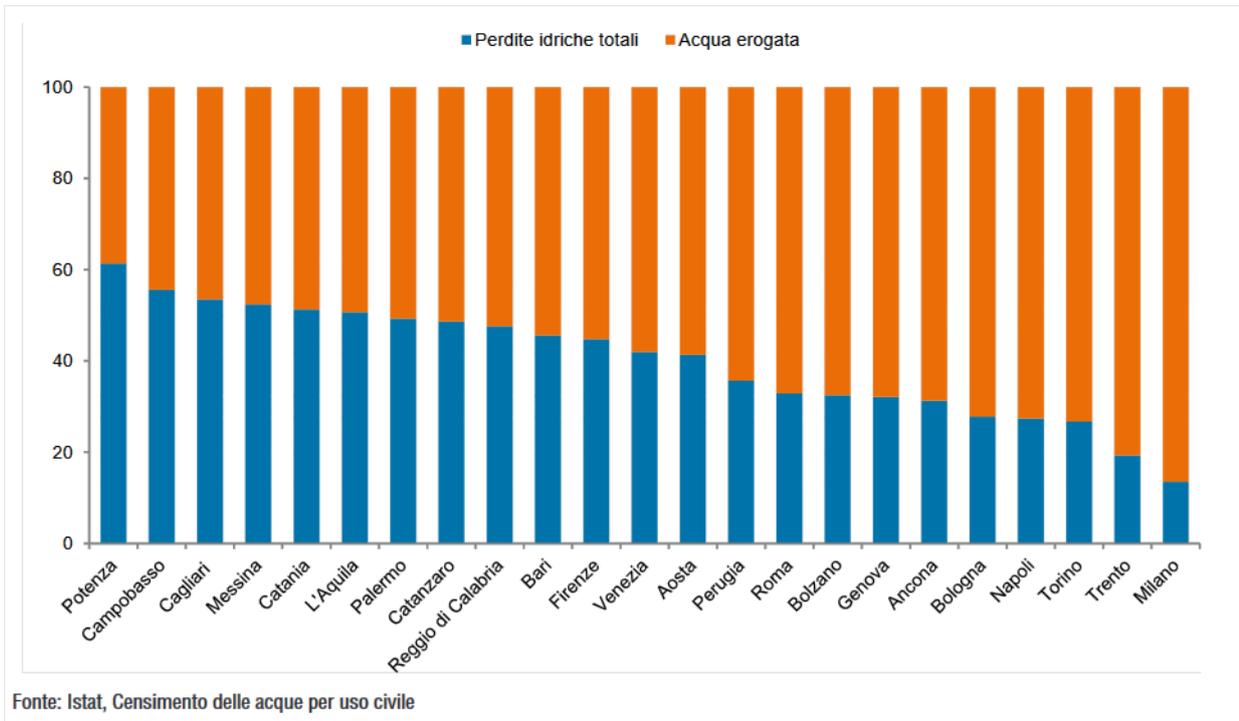
A tale criticità si associa il graduale aumento di consumo del suolo per l'incremento delle coperture artificiali (es. strade, piazzali, parcheggi, piazze) che riducono la permeabilità superficiale e dunque la possibilità che l'acqua piovana possa penetrare nel terreno ed alimentare gli acquiferi sotterranei, oltre ad alterare i naturali processi di evapotraspirazione. Nel 2020 in Italia la dimensione complessiva di superfici artificiali impermeabili ha raggiunto i 56,7 km². Rispetto al 2019 la crescita delle superfici artificiali è stata solo in parte compensata dal ripristino su superfici aggiuntive di aree agricole, naturali o semi-naturali, pari a 5 km². Questo aspetto è particolarmente rilevante in alcune Regioni del nord (Lombardia e Veneto) e meno nelle Regioni del centro-sud.

¹⁰⁷ <https://www.istat.it/it/archivio/255596>



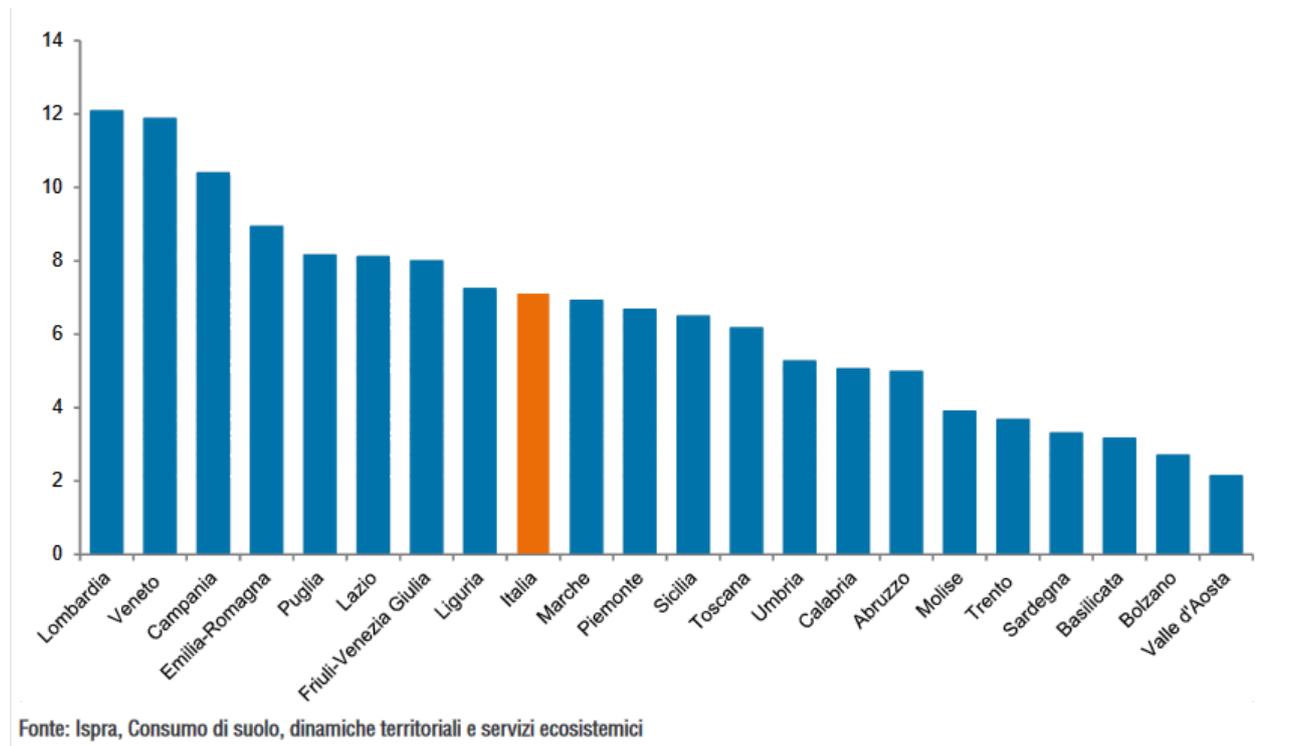
REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE



Fonte: Istat, Censimento delle acque per uso civile

Figura 6.6: Acqua erogata per usi autorizzati e perdite idriche totali in distribuzione per regione. Anno 2020. Valori percentuali sul volume immesso in rete. Fonte: Rapporto BES 2021 (ISTAT, 2022).



Fonte: Ispra, Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici

Figura 6.7: Suolo consumato per regione. Anno 2020. Percentuale della superficie regionale. Fonte: Rapporto BES 2021 (ISTAT, 2022).



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Come evidenziato nel “*Documento di indirizzo per la pianificazione urbana in ottica di Salute Pubblica*” (Ministero della Salute, 2021)¹⁰⁸, la permeabilità del suolo è un aspetto imprescindibile della *Urban Health*, in quanto permette all’acqua di defluire nel terreno ed entrare nel cosiddetto “ciclo naturale dell’acqua” condizionando il sistema di gestione delle acque in ambito urbano.

In assenza di un’adeguata strategia di mitigazione delle criticità esposte – unitamente ad altri aspetti quali, ad esempio, i sempre più frequenti periodi di siccità legati alla scarsa piovosità e all’incremento delle temperature a causa dei cambiamenti climatici, ed al contestuale cronico inquinamento delle acque superficiali e/o sotterranee che si registra in talune aree del territorio nazionale – è verosimile che nel breve periodo si possano instaurare gravi e diffuse condizioni di deficit idrico. Pertanto, oltre a promuovere le azioni volte a sensibilizzare il singolo cittadino ad attuare nel quotidiano semplici accorgimenti volti al risparmio e tutela della risorsa idrica, è fondamentale tener conto nella progettazione e realizzazione degli edifici dell’esigenza di garantire il minor consumo di acqua possibile, soprattutto se di alta qualità (acqua potabile) mantenendo contestualmente elevati livelli di *comfort* degli utenti, attraverso l’adozione di specifiche soluzioni impiantistiche, anche a basso costo, e sistemi per il recupero e riutilizzo di acque meteoriche. Oltre a tale aspetto, è fondamentale ridurre gli impatti sul ciclo naturale dell’acqua, limitando quanto più possibile la realizzazione di pavimentazioni impermeabili prediligendo la costituzione di aree drenanti naturali.

Dal punto di vista quantitativo occorre evidenziare che la carenza d’acqua costituisce un problema non trascurabile in Italia, seppure di difficile quantificazione sanitaria, con tutte le conseguenze legate ad una scarsa igiene personale, ambientale e degli alimenti. I dati ISTAT rilevati negli anni 2015-2018 riportano che nel 2018 circa il 10% delle famiglie italiane ha segnalato irregolarità nel servizio di erogazione dell’acqua nelle loro abitazioni. Di queste, più del 65%, vive nelle regioni del Mezzogiorno.

In Sardegna la fonte di approvvigionamento principale dell’acqua potabile è costituita dai bacini artificiali che incidono mediamente per circa il 78% del totale dell’acqua prelevata per fini potabili, mentre le ulteriori fonti, con minore incidenza, risultano essere l’acqua prelevata da pozzi (10%) e l’acqua prelevata da sorgenti (12%). La situazione in Sardegna è radicalmente diversa dalla situazione nazionale: a livello nazionale l’acqua prelevata da pozzi incide per il 48% e l’acqua prelevata da sorgenti per il 36%. Il fatto che in Sardegna la fonte principale di approvvigionamento sia data dai bacini artificiali incide notevolmente sulla qualità dell’acqua grezza, che impone trattamenti più spinti ed onerosi per garantire la qualità dell’acqua potabile.

In Sardegna, il 78% del volume prelevato nel 2015 deriva dal Gestore del Sistema idrico regionale ENAS, ed è misurato attraverso idonei strumenti di misura, mentre il restante 22%, prelevato direttamente dall’ambiente, è stimato dal gestore del Servizio idrico integrato.

L’analisi dell’efficienza della distribuzione viene effettuata prendendo in considerazione il rapporto tra il volume di acqua erogata dal gestore del servizio idrico integrato e il volume di acqua immessa in rete. Questo rapporto fornisce un dato sintetico sull’efficienza delle reti di distribuzione, quantificando, quindi, l’incidenza delle perdite di risorsa idrica nella distribuzione della stessa. Prendendo in considerazione i dati relativi all’anno 2018 per quanto riguarda le perdite si osserva una notevole differenza di efficienza della distribuzione in Sardegna rispetto alla media nazionale. Infatti, mentre a livello nazionale l’incidenza delle perdite è pari al 52% dell’acqua immessa in rete dai gestori del servizio idrico integrato, a livello regionale l’incidenza delle perdite è pari al 60%. Più in dettaglio, si osserva che la maggiore incidenza delle perdite di risorsa idrica si registra nella fase di distribuzione dell’acqua potabile, fase in cui si perde il 46% della risorsa idrica immessa in rete, l’11% della risorsa viene persa nella fase di adduzione ed il 3% nella fase di potabilizzazione.

Dai dati ISTAT si può osservare che l’efficienza delle reti dei Comuni della Sardegna varia tra il 15% e quasi il 100% per reti di dimensioni particolarmente piccole (dati aggiornati al 2015).

Dal confronto a livello nazionale emerge che l’efficienza della distribuzione nella regione Sardegna è la più bassa d’Italia insieme alla Basilicata. Entrambe le regioni hanno un’incidenza dell’acqua erogata rispetto a quella immessa in rete pari al 44% contro una media nazionale pari al 59%. Nelle regioni più virtuose la

¹⁰⁸ https://www.salute.gov.it/portale/documentazione/p6_2_2_1.jsp?lingua=italiano&id=3125



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

percentuale di acqua erogata rispetto a quella immessa in rete sale a valori superiori al 70%.

Per quanto riguarda la quota di acqua potabilizzata, gli ultimi dati ad oggi resi disponibili dall'ISTAT, continuano ad essere quelli riferiti al 2012. La quota di acqua potabilizzata risente delle caratteristiche idrogeologiche del corpo idrico da cui sono captate le acque. Le acque sotterranee, essendo di migliore qualità, non richiedono di norma processi di potabilizzazione, ad eccezione dei casi in cui siano stati riscontrati fenomeni di inquinamento di origine antropica o naturale. Al contrario, le acque superficiali devono essere trattate nella quasi totalità dei casi. Maggiori volumi di acqua potabilizzata si riscontrano, pertanto, in quelle regioni dove è maggiore il prelievo da acque superficiali. Le regioni con la quota più alta di acqua sottoposta a trattamenti di potabilizzazione sono Basilicata (83,6%) e Sardegna (75,1%). In tali regioni, a causa dell'elevato utilizzo di acqua di fiumi e bacini artificiali, oltre i tre quarti del volume prelevato vengono trattati.

Dai risultati ottenuti nell'indagine condotta dall'ISTAT nel 2018 relativi alla Sardegna ed all'intero Paese, relativamente alle fonti di approvvigionamento, i dati a livello nazionale e regionale risultano allineati, con il 93% dei casi serviti da acquedotto a livello regionale ed il 95% a livello nazionale e, il 6% dei casi che utilizzano l'auto approvvigionamento da pozzi o altre fonti private in Sardegna ed il 4% a livello nazionale.

Il dato regionale relativo alle interruzioni della fornitura si discosta, rispetto al dato nazionale, principalmente per la percentuale di utenti che si dichiara "molto soddisfatto" che a livello nazionale risulta essere pari al 29% contro il 14% regionale. Identica a livello regionale e nazionale l'incidenza degli utenti che si dichiara "abbastanza soddisfatto" (54%).

Infine, un aspetto che rispecchia e sintetizza il grado di soddisfazione e di fiducia degli utenti del servizio idrico integrato è rappresentato dalla percentuale di utenti che bevono l'acqua del rubinetto. In Sardegna solo il 25% degli intervistati dichiara di bere abitualmente l'acqua del rubinetto, mentre a livello nazionale la percentuale è pari al 44% degli intervistati¹⁰⁹.

Oltre alle misure orientate alla riduzione dei consumi idrici e degli sprechi di tale risorsa, un elemento di particolare importanza sul quale è doveroso porre particolare attenzione è rappresentato dalla qualità delle acque destinate al consumo umano. I problemi sanitari correlati alle alterazioni della qualità dell'acqua potabile possono essere di natura biologica, chimica e fisica. I primi possono essere determinati dall'ingresso di patogeni enterici (batteri, virus, protozoi) nella rete idrica degli edifici a seguito di una contaminazione della rete esterna (ad es., in seguito a intrusione di acque meteoriche in cui siano presenti deiezioni animali), attraverso contaminazione crociata, come anche a causa di danni e malfunzionamenti degli impianti della rete idrica e fognaria interna, oltre che per una scarsa igiene nei punti di erogazione dell'acqua e di ispezione/manutenzione delle reti fognarie.

Inoltre, le condotte idriche possono essere soggette a crescita di microrganismi ambientali, comprese specie potenzialmente patogene (es. batteri, come alcune specie di *Legionella* e *Legionella pneumophila*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter*, *Burkholderia*, *Serratia*, *Ralstonia*, *Klebsiella*, micobatteri non tubercolari – MNT, amebe e funghi filamentosi, come *Aspergillus*). Tra i diversi microrganismi potenzialmente presenti in rete, la *Legionella*, microorganismo in grado di colonizzare diversi habitat acquatici, rappresenta il patogeno più comunemente ritenuto responsabile di malattie correlate all'acqua distribuita in rete. Il batterio si colloca nel panorama degli agenti eziologici di classe II ed è in grado di generare casi sporadici, cluster ed epidemie anche con esito fatale¹¹⁰.

Per quanto riguarda i problemi di natura chimica, l'acqua negli edifici può essere contaminata a seguito della cessione di sostanze dalle tubazioni o da saldature (es: rame, piombo, nickel, cadmio, prodotti organici, selenio, stirene, stagno, cloruro di vinile e di zinco, ecc.). Tra queste, il piombo è l'inquinante di maggiore rilevanza per gli effetti sulla salute e di particolare gravità per gruppi sensibili, quali donne in stato di gravidanza, neonati e soggetti in età prepuberale. Nei bambini si possono verificare danni dello sviluppo neurologico e cognitivo, mentre negli adulti il piombo può causare l'aumento della pressione sanguigna. Il

¹⁰⁹ Piano di Gestione del Distretto idrografico della Sardegna – Terzo ciclo di pianificazione 2021/2027. Allegato 9.1. <http://www.regione.sardegna.it/index.php?xsl=509&s=1&v=9&c=93824&tb=6695&st=7>

¹¹⁰ ISS Rapporti ISTISAN 22/32. Linee Guida per la valutazione e la gestione del rischio per la sicurezza dell'acqua nei sistemi di distribuzione interni degli edifici prioritari e non prioritari e in talune navi ai sensi della Direttiva (UE) 2020/2184.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

piombo nelle acque potabili può derivare dalle stesse tubazioni che compongono l'impianto idrico interno agli edifici e da leghe e saldature al piombo, che non dovrebbero più essere utilizzate.

Inoltre, la qualità dell'acqua potabile può essere alterata dalla presenza di solidi sospesi che determinano fenomeni di torbidità: a causa di cambiamenti repentini nella velocità di flusso all'interno delle condotte idriche o a seguito di una sospensione del servizio idrico si può verificare, infatti, il parziale distacco sia di rivestimenti interni alle tubazioni sia di biofilm, incrostazioni, prodotti di corrosione adesi alle superficie, ecc.¹¹⁰.

La Direttiva (UE) 2020/2184, concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, prevede alcuni obblighi relativi all'esecuzione della valutazione e gestione dei rischi derivanti dai sistemi di distribuzione dell'acqua potabile interni agli edifici – oltre che per locali e navi – e dai relativi materiali impiegati nella realizzazione degli impianti idrici (Art. 10 della Direttiva).

La gestione dei sistemi di distribuzione dell'acqua interni agli edifici è complicata dal fatto che essi sono generalmente progettati, installati e controllati senza tenere specificamente conto dei rischi sanitari potenzialmente connessi alla rete idrica pubblica.

Un utile strumento di controllo dei possibili pericoli per la salute umana correlati al consumo di acqua potabile è rappresentato dal Piano di Sicurezza dell'Acqua (PSA) che, attraverso approfondite analisi di tipo preventivo, permette di effettuare la gestione dei rischi associati ai sistemi idrici di distribuzione interni agli edifici.

La Direttiva (UE) 2020/2184 identifica gli edifici *prioritari* (es. strutture sanitarie, socio-sanitarie e socio assistenziali) per i quali la valutazione e la gestione del rischio è resa obbligatoria. Mentre, nel caso di edifici non prioritari (es. condomini, abitazioni private, aeroporti, stazioni), tale analisi di rischio è posta a discrezione dei proprietari, dei responsabili o degli amministratori dello stabile.

Le *Linee Guida per la valutazione e la gestione del rischio per la sicurezza dell'acqua nei sistemi di distribuzione interni degli edifici prioritari e non prioritari e in talune navi ai sensi della Direttiva (UE) 2020/2184*, redatte dall'Istituto Superiore di Sanità¹¹⁰, identificano cinque classi di edifici/strutture (da A ad E) a cui sono associati diversi sistemi di gestione e controllo dei rischi correlati all'acqua per consumo umano.

Classe	Esempi di edifici (non esaustivi)
A	Strutture sanitarie, socio-sanitarie e socio-assistenziali in regime di ricovero.
B	Strutture sanitarie, socio-sanitarie e socio-assistenziali non in regime di ricovero, inclusi centri riabilitativi, ambulatoriali e odontoiatrici. Strutture ricettive alberghiere. Campeggi. Palestre e Centri sportivi, fitness e benessere (SPA e Wellness). Istituti penitenziari. Stazioni. Aeroporti.
C	Ristorazione pubblica e collettiva, incluse mense aziendali (pubbliche e private) e scolastiche.
D	Caserme. Istituti di istruzione dotati di strutture sportive. Istituti penitenziari. Altre strutture ad uso collettivo (es., stabilimenti balneari).
E	Altri edifici pubblici e privati (condomini, abitazioni, uffici, istituti di istruzione ed educativi, attività commerciali, ecc.).

Per gli edifici *prioritari* (classi A, B, C, D) le Linee Guida indicano le azioni da attuare con carattere di obbligo (es. PSA, Piano di autocontrollo degli impianti idrici interni, Piano di verifica igienico sanitaria dell'acqua destinata al consumo umano) ed eventuali azioni a carattere non obbligatorio. Per quanto concerne gli edifici in classe E (*non prioritari*), che comprendono dunque la maggior parte degli edifici presenti nel tessuto urbano, non sono generalmente richieste azioni sito-specifiche di valutazione e gestione del rischio, fatta salva la raccomandazione per le operazioni di verifica sulla presenza di piombo. Tuttavia, soprattutto nel caso particolare di grandi edifici o complessi di edifici, oppure nei casi in cui si può verificare l'esposizione di soggetti vulnerabili nel medio-lungo periodo, è raccomandata l'applicazione delle misure di prevenzione e controllo di carattere generale ed eventualmente l'organizzazione di un piano di controllo così come indicato per le strutture appartenenti alle classi B o C.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

In via del tutto generale, le principali condizioni che possono dar luogo ad un rischio sanitario correlato al consumo di acqua potabile sono rappresentate da:

- estensione, età costruttiva e destinazione d'uso degli edifici e delle reti interne ed eventuale realizzazione di ampliamenti strutturali in tempi diversi;
- lunghezza e complessità degli impianti idrici, esistenza di reti e utenze idriche diverse da quella potabile (acque grigie, di riuso, pozzi, ecc.);
- rilevanti variazioni di flusso o utilizzo intermittente/inutilizzo prolungato nel tempo della rete idrica, che includono variazioni idrodinamiche e di pressione, come accade alla fine di lunghi rami e rami morti in cui i flussi sono molto lenti;
- sistemi di trattamento al punto di consegna e/o al punto d'uso dell'acqua;
- connessioni delle reti a sistemi/apparecchiature in pressione o soggette a eventuale ricircolo o ritorno di flusso, che possono favorire stagnazione e/o sviluppo di biofilm o rappresentare fonti di microrganismi potenzialmente pericolosi come *Legionella* (sistemi di trattamento al punto di consegna e/o al punto d'uso dell'acqua, sistemi di riscaldamento, sistemi antincendio, apparecchiature mediche, sistemi di produzione di acqua calda sanitaria, torri di raffreddamento, ecc.);
- segregazione delle reti con assenza di ricircolo, anche a seguito di interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria o suddivisione delle proprietà, in particolare in edifici di grandi dimensioni;
- presenza di serbatoi di stoccaggio e loro collegamento (in serie, in parallelo), con possibile interconnessione con serbatoi di pre-accumulo (es. alimentati da pannelli solari termici) sottoposti a variazioni significative di temperatura nel cambio stagionale, esprimendo valori termici critici e idonei alla proliferazione di patogeni, utilizzati per mantenere la pressione dell'acqua all'interno dell'edificio;
- scarsa o assente documentazione tecnica dei componenti dell'impianto o dei lavori di manutenzione/ristrutturazione eseguiti.

Finalità
Garantire l'elevata qualità della risorsa idrica erogata nell'edificio, limitare i consumi ed evitare gli sprechi d'acqua. Ridurre i fattori che possono alterare i naturali processi idrologici.
Obiettivi prestazionali sanitari e ambientali
Adottare accorgimenti progettuali/costruttivi e metodologie operative per il corretto esercizio degli impianti idrici per acqua destinata al consumo umano al fine di preservare la qualità di tale risorsa. Adottare strategie costruttive e misure organizzative che consentano il risparmio di acqua, soprattutto se potabile. Favorire, laddove possibile, l'utilizzo di acqua proveniente da sistemi di depurazione. Favorire il drenaggio delle acque meteoriche limitando la realizzazione di superfici impermeabili.
Buone pratiche
<i>Tutela della qualità della risorsa idrica destinata al consumo umano¹¹⁰</i> Curare la progettazione e la realizzazione delle reti idriche affinché non si generino condizioni che possono arrecare danno alla salute (es. proliferazione di agenti biologici patogeni, cessione di sostanze pericolose quali rame, piombo, nichel, cadmio, ecc.) o dar luogo al deterioramento delle condotte stesse (es. processi di corrosione, formazione di incrostazioni). Le reti devono garantire che i parametri qualitativi dell'acqua erogata dal servizio di gestione idro-potabile nel punto di consegna siano conformi alla normativa e siano mantenuti tali fino al rubinetto delle singole utenze. Inoltre, è necessario garantire che l'acqua sia veicolata con portate e livelli di pressione adeguati, mantenendo sostanzialmente inalterate le caratteristiche chimiche, fisiche, microbiologiche e organolettiche dell'acqua. Nel caso di nuovi edifici e di ristrutturazione di impianti già in essere, le reti devono essere correttamente progettate, sia sotto il profilo dimensionale sia in relazione alla scelta dei materiali dei singoli componenti. Evitare punti di ristagno, variazioni di temperatura non desiderate e lunghi tratti terminali. Ridurre quanto più possibile la lunghezza delle tubazioni e i tempi di stagnazione dell'acqua al fine evitare l'instaurarsi di condizioni favorevoli alla crescita microbica e alla cessione di sostanze nocive. Inoltre, in un



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

sistema di distribuzione interno, è necessario valutare i rischi associati all'impiego di reagenti chimici e mezzi di filtrazione e trattamento che, in assenza di adeguate caratteristiche di purezza e requisiti qualitativi, possono compromettere la qualità dell'acqua trattata.

In ragione delle tipologie impiantistiche e dell'uso a cui è destinato l'edificio, prevedere quanto necessario per poter permettere il prelievo di campioni di acqua nei punti d'interesse specifico.

Nelle nuove realizzazioni e nelle ristrutturazioni totali, distanziare tra loro, e da fonti di calore, le reti dell'acqua fredda e dell'acqua calda sanitaria. Le reti devono essere il più possibile lineari, evitando tubazioni con tratti terminali ciechi e senza circolazione dell'acqua.

Selezionare i materiali per la realizzazione dell'impianto affinché sia garantita la possibilità di eseguire adeguati trattamenti di disinfezione senza danneggiare la reti o determinare il rilascio di sostanze nocive. Inoltre, gli apparati di produzione di acqua calda sanitaria devono garantire flussi idrici e temperature adeguate ai bisogni richiesti. Le reti devono essere conformate per mantenere, anche mediante adeguati sistemi di ricircolo, le seguenti temperature dell'acqua calda sanitaria: superiori a 50°C in rete di distribuzione; superiori a 60°C nei serbatoi di accumulo; superiori a 50°C alla base di ciascuna colonna di ricircolo.

Realizzare i serbatoi di accumulo (quando necessari) in modo tale che siano facilmente ispezionabili al loro interno e dotati alla base di rubinetti da cui effettuare le operazioni di spurgo del sedimento e per prelevare campioni d'acqua.

Installare appositi sistemi di prevenzione del rischio di ustione, ad esempio valvole termostatiche di miscelazione (conosciute come TMV, *thermostatic mixer valve*) in prossimità o sui terminali di erogazione poste quanto più vicine al punto d'uso. Nell'installare tali dispositivi occorre tenere presente che sono elementi di rischio conosciuto per la contaminazione da *Legionella*.

I responsabili d'impianto, anche attraverso gestori appositamente individuati e delegati (GIDI - Gestore Idrico della Distribuzione Interna dell'acqua), devono vigilare sulla regolare distribuzione idrica alle utenze e sul regolare andamento dei prelievi dal pubblico acquedotto attraverso letture programmate degli apparati di misura e devono segnalare tempestivamente ai manutentori eventuali anomalie riscontrate.

Devono altresì provvedere a definire mirati programmi di controllo ove la frequenza dei campioni sia valutata in ragione della classificazione di rischio dell'edificio e il numero sia proporzionato e/o comunque significativo per le dimensioni dell'impianto.

In particolare, i responsabili d'impianto, anche attraverso i suddetti gestori designati, devono:

per l'impianto di acqua fredda sanitaria

- effettuare svuotamento e pulizia almeno annuale dei serbatoi;
- accertare l'assenza di rami morti (linee di distribuzione mai utilizzate);
- accertare l'assenza di linee di distribuzione caratterizzate da limitato utilizzo (indicativamente utilizzate meno di 20 minuti alla settimana) o da rallentamento del flusso idrico;
- accertare l'assenza di linee di distribuzione esterne o scarsamente/per nulla isolate termicamente;
- garantire temperature di erogazione dell'acqua fredda sanitaria non superiori a 20°C;
- garantire temperature di conservazione dell'acqua fredda sanitaria non superiori a 20°C.

per l'impianto di acqua calda sanitaria

- effettuare lo spurgo regolare dei boiler /serbatoi di raccolta dalla valvola di fondo;
- effettuare una disinfezione almeno semestrale dei boiler /serbatoi di raccolta dell'acqua calda sanitaria; qualora non praticabile;
- accertare l'assenza di rami morti (linee di distribuzione mai utilizzate);
- accertare l'assenza di linee di distribuzione caratterizzate da limitato utilizzo (indicativamente utilizzate meno di 20 minuti alla settimana) o da rallentamento del flusso idrico;
- accertare l'assenza di linee di distribuzione esterne o scarsamente/per nulla isolate termicamente;
- garantire temperature di erogazione dell'acqua calda sanitaria superiori a 50°C;
- garantire temperature di stoccaggio dell'acqua calda sanitaria non inferiori a 60°C.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Se non si riescono a raggiungere le prescrizioni sopra indicate dovranno essere dettagliatamente descritte e giustificate le eventuali misure di compenso.

I responsabili dell'impianto devono inoltre:

- ispezionare periodicamente l'interno dei serbatoi d'acqua fredda (se praticabili). Nel caso ci siano depositi o sporcizia, provvedere alla pulizia, e comunque disinfettarli almeno una volta l'anno con 50 mg/L di cloro residuo libero per un'ora o con biocidi idonei e tempi di trattamento di analoga efficacia. Agire allo stesso modo in caso di lavori che possono aver dato luogo a contaminazioni o a un possibile ingresso di acqua non potabile;
- svuotare e disinfettare (se necessario anche disincrostare) i boiler/serbatoi di accumulo dell'acqua calda sanitaria (compresi i boiler elettrici) almeno due volte all'anno e ripristinarne il funzionamento dopo accurato lavaggio;
- disinfettare l'impianto dell'acqua calda sanitaria con cloro ad elevata concentrazione o biocidi di validata efficacia, dopo interventi sugli scambiatori di calore;
- ispezionare mensilmente i serbatoi dell'acqua sanitaria. Accertarsi che tutte le coperture siano intatte e correttamente posizionate;
- mantenere le docce, i diffusori delle docce e i rompigitto dei rubinetti puliti e privi di incrostazioni, sostituendoli all'occorrenza. Preferire rompigitto aperti (es. a stella o croce) rispetto a quelli a reticella e agli aeratori/riduttori di flusso;
- eseguire frequenti flussaggi (di durata pari ad almeno 5 minuti una volta alla settimana);
- proporre ai manutentori l'esecuzione di interventi mirati a superare eventuali malfunzionamenti rilevati e/o ad ovviare alle cause che hanno determinato referti analitici non conformi.

I manutentori, sulla base delle segnalazioni dei responsabili d'impianto o dei gestori designati, devono intervenire per eliminare o, almeno, ridurre le anomalie rilevate senza apportare significative modifiche agli schemi progettuali o, in caso di necessità, apportando modifiche che permettano di garantire comunque le caratteristiche quali-quantitative dell'acqua erogata alle utenze interessate dall'intervento manutentivo, senza creare novero alle altre utenze non coinvolte direttamente.

In questi casi il manutentore è tenuto a lasciare traccia documentale dell'intervento realizzato.

I responsabili d'impianto, o i gestori designati (GIDI), sono, quindi, tenuti a:

- programmare e far eseguire adeguate campagne di monitoraggio;
- proporre ai manutentori l'esecuzione di interventi mirati a superare eventuali malfunzionamenti rilevati e/o ad ovviare alle cause che hanno determinato referti analitici non conformi;
- produrre, conservare e, se richiesto, esibire alle autorità di controllo la documentazione attestante le attività ispettive e manutentive sviluppate unitamente al registro dei referti analitici;
- verificare l'efficacia degli interventi operati dai manutentori;
- registrare le tipologie degli interventi eseguiti;
- acquisire e conservare la documentazione relativa agli eventuali aggiornamenti degli schemi impiantistici realizzati dai manutentori.

Qualora l'edificio sia servito da una fonte idropotabile autonoma (pozzi e/o sorgenti con o senza impianti di trattamento), il GIDI è tenuto anche a garantire che l'acqua immessa nella rete interna rispetti i requisiti di potabilità dettati dalla vigente normativa, anche attraverso adeguate azioni come l'esame periodico dei risultati di sorveglianza e la partecipazione al PSA del gestore idropotabile.

Misure finalizzate alla riduzione dei consumi e degli sprechi d'acqua

Realizzare impianti idrici dotati di limitatori di consumo (es. limitatori di flusso, diffusori, rubinetti con temporizzatore, rubinetti termostatici, cassette per WC con erogazione differenziata, regolatori di pressione).

Prediligere, laddove è possibile, al sistema fognario convenzionale, dotato di un unico collettore per la raccolta delle acque nere/grigie e bianche, il sistema fognario separato per la raccolta differenziata dei reflui civili dalle acque piovane.

Effettuare l'ispezione periodica dell'impianto idrico a servizio del singolo locale e delle parti comuni



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

dell'edificio al fine di verificare il corretto funzionamento e l'assenza di perdite. Pianificare e mettere in atto la manutenzione periodica dell'impianto idrico e fognario a servizio delle unità immobiliari e dell'edificio nel suo complesso al fine di ridurre l'insorgenza di guasti che possono, oltre che arrecare danni all'edificio stesso, dar luogo ad un incremento dei consumi talvolta non facilmente riscontrabile.

Ridurre il consumo idrico per l'irrigazione sia dei piccoli giardini e terrazze che delle aree verdi condominiali attraverso:

- la selezione di piante adatte al clima dell'area e che necessitino di poca acqua;
- l'installazione di un sistema di irrigazione a goccia accessorio di sensori di umidità che consentano l'arresto del ciclo di irrigazione in caso di pioggia;
- la corretta pianificazione dei cicli di irrigazione in relazione al momento della giornata;
- il recupero di acqua piovana ed il riutilizzo per uso irriguo a seguito di opportuno trattamento (es. filtrazione).

Prediligere la realizzazione di superfici naturali drenanti (piazze drenanti, aree verdi, ecc.) alle pavimentazioni artificiali impermeabili, per favorire l'assorbimento delle acque meteoriche nel suolo al fine di:

- limitare la formazione di ristagni d'acqua;
- ridurre l'apporto di acqua piovana nella rete fognaria;
- assicurare la ricarica distribuita degli acquiferi sotterranei e il mantenimento del ciclo naturale dell'acqua.

Strumenti di verifica

Documentazione progettuale contenente:

- la descrizione e lo schema degli impianti idrici e fognari dei singoli locali e della rete a servizio dell'edificio, con dettaglio sulle scelte progettuali, costruttive e sulle attività di manutenzione orientate alla tutela della qualità dell'acqua destinata al consumo umano e alla mitigazione dei rischi sanitari ad essa correlati;
- il programma di ispezione e manutenzione degli impianti idrici, fognari e di irrigazione (per singola utenza e per intero edificio);
- la stima teorica dei consumi in relazione alla destinazione d'uso dei singoli locali e la descrizione delle misure adottate per il risparmio e la tutela della qualità della risorsa idrica;
- la descrizione e lo schema degli impianti di irrigazione a servizio delle aree verdi e degli eventuali sistemi per l'accumulo, il trattamento ed il riutilizzo delle acque piovane ad uso irriguo;
- la descrizione e i criteri generali utilizzati per realizzare aree verdi a basso consumo idrico;
- le strategie adottate per favorire il drenaggio delle acque meteoriche nel suolo.

Approfondimenti

Uno degli assi fondamentali della sostenibilità ambientale è la gestione e tutela della risorsa idrica, che sottintende il monitoraggio della funzionalità delle reti idriche di approvvigionamento da parte degli Enti gestori e la riduzione delle perdite, la manutenzione e l'efficientamento degli impianti idrici presenti negli edifici e nelle relative aree esterne pertinenti. Inoltre, non meno importante è la riduzione dei consumi dell'acqua da parte del singolo utente, con particolare attenzione a quella potabile, anche implementando, laddove è possibile, opportuni sistemi di riciclo di tale risorsa.

Per tale motivo, è importante misurare il livello di sostenibilità ambientale degli edifici attraverso lo strumento della più volte citata Prassi di Riferimento UNI/PdR 13:2019, che, come già evidenziato, traduce in Prassi di Riferimento il Protocollo ITACA.

Nello specifico, per quanto attiene al risparmio della risorsa idrica potabile, la suddetta Prassi di Riferimento, contiene due criteri prestazionali a cui poter fare riferimento:



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

- B.5.1. *Acqua potabile per usi irrigui*: finalizzato al calcolo del volume d'acqua potabile risparmiato rispetto al fabbisogno calcolato di acqua necessario per l'irrigazione delle aree verdi, tenendo conto anche del risparmio idrico derivante dal riutilizzo di acque non potabili (es. acque meteoriche), oltre che all'impiego di piante a basso fabbisogno idrico;
- B.5.2. *Acqua potabile per usi indoor*: orientato al calcolo del volume d'acqua potabile risparmiato rispetto al fabbisogno calcolato di acqua necessario agli occupanti.

Inoltre, la UNI/PDR 13.2019 considera l'opportunità di minimizzare la quantità di reflui scaricati nel sistema fognario attraverso la valutazione del rapporto fra il volume di acque reflue effettivamente immesso nella rete fognaria e quello calcolato in relazione al fabbisogno idrico per gli usi indoor. Il criterio in esame è il C.4.1 *Acque grigie inviate in fognatura* e, nel calcolo del volume di reflui fognari, specifica che è necessario tenere conto della presenza di apparecchiature di riduzione dei consumi di acque (es. aeratori frangi getto, riduttori di pressione, ecc.).

Come anticipato nella parte introduttiva del presente capitolo, le misure di tutela della risorsa idrica prevedono, tra l'altro, l'adozione di sistemi che consentano al ciclo naturale dell'acqua di esplicarsi senza limitazioni che, in ambiente urbano, sono ampiamente rappresentate dalla presenza di estese superfici impermeabili.

A tal proposito, il D.M 23 giugno 2022 , al punto 2.3.2 *Permeabilità della superficie territoriale* esplicita che i progetti di nuova costruzione devono prevedere una superficie territoriale permeabile non inferiore al 60% (ad esempio le superfici a verde e le superfici esterne pavimentate ad uso pedonale o ciclabile come percorsi pedonali, marciapiedi, piazze, cortili, piste ciclabili). Inoltre, il paragrafo 2.3.3 *Riduzione dell'effetto "isola di calore estiva" e dell'inquinamento atmosferico*, specifica che almeno il 60% della superficie permeabile di cui al suddetto punto deve essere destinata a verde.

In relazione a tale argomento, la suddetta Prassi di Riferimento contiene un apposito criterio di valutazione che permette, attraverso opportuni calcoli, di valutare la quantità di superfici permeabili esterne all'edificio rispetto al totale delle superfici di pertinenza. A tal proposito, la scheda del criterio prestazionale C.4.3. *Permeabilità del suolo*, valida sia per edifici ad uso residenziale sia non residenziale, fornisce i dati del coefficiente di permeabilità per le più comuni tipologie di pavimentazioni esterne (naturali, semi-naturali, artificiali) per il calcolo della superficie permeabile.

A titolo di esempio si riporta di seguito la scheda del suddetto criterio per edifici residenziali presente nella UNI/PdR 13.1:2019.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

SCHEDA CRITERIO C.4.3 – PERMEABILITÀ DEL SUOLO

RICHI AMBIENTALI	NUOVA COSTRUZIONE RISTRUTTURAZIONE	C.4.3
Acque reflue		
Permeabilità del suolo		

Il criterio è applicabile a interventi con aree esterne di pertinenza. Per l'analisi di progetti senza tale requisito il criterio è da disattivare ovvero da escludere dalla valutazione complessiva. In caso di disattivazione produrre la documentazione necessaria ad attestare la non applicabilità del criterio.

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
C. Carichi Ambientali	C.4 Acque reflue	
ESIGENZA	PESO DEL CRITERIO	
Minimizzare l'interruzione e l'inquinamento dei flussi naturali d'acqua.	nella categoria	nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	UNITA' DI MISURA	
Quantità di superfici esterne permeabili rispetto al totale delle superfici esterne di pertinenza dell'edificio.	%	
SCALA DI PRESTAZIONE		
	%	PUNTI
NEGATIVO	<40	-1
SUFFICIENTE	40	0
BUONO	55	3
OTTIMO	65	5

Metodo e strumenti di verifica

1. Calcolare l'area complessiva delle superfici esterne di pertinenza dell'edificio (A).

Individuare l'area esterna di pertinenza dell'edificio, come area del lotto al netto della superficie data dalla proiezione al livello del terreno della copertura dell'edificio, comprese logge e balconi, e calcolarne l'estensione superficiale, S_e [m²].

2. Calcolare l'estensione di ciascuna tipologia di sistemazione esterna.

Individuare l'estensione $S_{e,i}$ [m²] di tutte le tipologie di sistemazione superficiale previste per le aree esterne in modo tale che:

$$S_e = \sum S_{e,i} \quad (1)$$

dove:

S_e = estensione della superficie esterna di pertinenza dell'edificio (A), [m²];

$S_{e,i}$ = estensione della superficie esterna con la tipologia di pavimentazione i-esima, [m²].

3. Sommare le superfici $S_{e,i}$ ciascuna moltiplicata per il proprio coefficiente di permeabilità, ottenendo l'estensione complessiva della superficie esterna permeabile (B).



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

CARICHI AMBIENTALI

NUOVA COSTRUZIONE
RISTRUTTURAZIONE

C.4.3

Acque reflue

Permeabilità del suolo

Il coefficiente di permeabilità (α) rappresenta il rapporto tra il volume di acqua meteorica in grado di raggiungere direttamente il sottosuolo, attraverso la specifica pavimentazione, e il volume di acqua piovuta su di essa. Assegnare un valore di permeabilità a ognuna delle tipologie di sistemazione delle aree esterne individuate. Ai fini del calcolo dell'indicatore di prestazione fare riferimento ai seguenti valori del coefficiente α :

Prato in piena terra, o raccolta e trattamento delle acque di prima e seconda pioggia conferite in pozzo perdente o destinate a subirrigazione (Livello Alto): $\alpha = 1,00$

Ghiaia, sabbia, calcestre, o altro materiale sciolto (Livello Medio/Alto): $\alpha = 0,9$

Elementi grigliati in polietilene o altro materiale plastico con riempimento di terreno vegetale (Livello Medio): $\alpha = 0,8$

Elementi grigliati/alveolari in cls posato a secco, con riempimento di terreno vegetale o ghiaia (Livello Medio/Basso): $\alpha = 0,6$

Elementi autobloccanti di cls, porfido, pietra o altro materiale, posati a secco su fondo in sabbia e sottofondo in ghiaia (Livello Basso): $\alpha = 0,3$

Pavimentazioni continue, discontinue a giunti sigillati, posati su soletta o battuto di cls. (Livello Nullo): $\alpha = 0$

Calcolare l'estensione effettiva delle superfici esterne permeabili (B) come somma delle estensioni delle diverse pavimentazioni, ciascuna moltiplicata per il proprio coefficiente di permeabilità:

$$B = \sum (S_{e,i} \cdot \alpha_i) \quad (2)$$

dove:

B = estensione totale effettiva delle superfici esterne permeabili, [m²];

S_{e,i} = estensione della superficie esterna con la tipologia di pavimentazione i-esima, [m²];

α_i = coefficiente di permeabilità della tipologia di pavimentazione i-esima, [-].

Nota 1 Le superfici relative a coperture di garage o volumi interrati e ricoperti di verde sono da considerare come Livello Nullo $\alpha = 0$.

4. Calcolare la seguente percentuale: (B/A) x 100

Calcolare il valore dell'indice di prestazione come rapporto percentuale tra l'estensione totale effettiva delle superfici permeabili (B) e l'estensione della superficie esterna di pertinenza dell'edificio (A), secondo la formula:

$$\text{Indicatore} = \frac{B}{A} \cdot 100 = \frac{\sum (S_{e,i} \cdot \alpha_i)}{S_e} \cdot 100 \quad (3)$$

5. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

6.3 Gestione integrata dell'edificio

Impatti ambientali e sanitari

Il sistema edificio-impianti rappresenta un insieme di elementi eterogenei, diversi per la loro natura, tipologia e funzione, che devono necessariamente integrarsi ed interagire correttamente al fine di garantire nel tempo l'efficienza generale del sistema. La conoscenza dei singoli elementi che compongono tale sistema e il riconoscimento degli stati di conservazione sono fondamentali per poter definire e mettere in atto i processi manutentivi più idonei, finalizzati a garantire la massima efficienza e sicurezza nel tempo dell'edificio nel suo complesso. Tuttavia, tale aspetto può presentare numerose difficoltà di carattere gestionale per l'utente finale, pertanto è fondamentale che il progettista predisponga e metta a disposizione all'utente/gestore la documentazione tecnica riguardante il fabbricato, le misure per il corretto uso e le procedure di manutenzione, sia per quanto attiene alle parti strutturali che per le componenti impiantistiche. La *performance* e l'affidabilità dell'edificio sono infatti strettamente legate alle modalità d'uso delle sue componenti impiantistiche da parte dell'utente e alle attività di manutenzione programmate e straordinarie che, se correttamente effettuate, consentono di estendere e mantenere nel tempo la qualità edilizia e la salubrità degli ambienti interni e dunque prevenire effetti negativi sulla salute.

Numerose problematiche di salute descritte nei precedenti capitoli del presente Documento sono associate alle modalità di gestione e mantenimento nel tempo delle prestazioni delle parti strutturali e impiantistiche dell'edificio, sia nelle singole parti che nel suo complesso. Infatti, l'assenza o l'inadeguata gestione e manutenzione delle diverse componenti degli edifici e il protrarsi nel tempo di malfunzionamenti/danni per la sussistenza di difetti e vizi (evidenti e/o occulti), può comportare rischi per la sicurezza e la salute degli occupanti.

Ad esempio, è nota l'importanza della manutenzione igienico-sanitaria degli impianti di ventilazione meccanica, indispensabile per evitare la possibile diffusione di particolato o di agenti patogeni nell'ambiente indoor. Altrettanto di rilievo risulta la manutenzione di impianti idrici e fognari per la prevenzione di eventuali perdite che, non opportunamente e prontamente eliminate, possono causare la formazione di umidità, il proliferare di agenti patogeni, la generazione di maleodoranze, la contaminazione alimentare ecc. Così come è fondamentale la corretta gestione degli impianti di riscaldamento domestico, con particolare attenzione per quelli alimentati da biomassa legnosa, che, come più ampiamente analizzato nei capitoli 4.1 e 4.4 del presente elaborato, se non opportunamente mantenuti possono dar luogo ad emissioni di contaminanti in atmosfera e nell'aria indoor dannose per l'ambiente e per la salute.

Un ulteriore elemento sul quale è necessario porre particolare attenzione riguarda la definizione, a partire dalla fase di progettazione dell'edificio, delle misure preventive e protettive che consentano di effettuare le attività di manutenzione sulle diverse parti dell'edificio in condizioni di sicurezza.

Ad esempio, per l'esecuzione delle attività di manutenzione delle coperture degli edifici, è fondamentale prevedere l'installazione di idonei punti di ancoraggio e apposite linee vita che consentano agli operatori l'accesso, il transito e l'esecuzione dei lavori in quota in condizioni di sicurezza, al fine di ridurre il rischio di cadute dall'alto o in profondità. Quest'ultimo rappresenta un tema di estrema importanza in quanto, nel settore edile, le cadute dall'alto o in profondità dell'infortunato rappresentano le principali modalità di accadimento di infortuni mortali o gravemente invalidanti. Infatti, per tale motivo, il PRP 2020-2025 prevede, tra l'altro, l'attuazione dello specifico "Piano Mirato di Prevenzione relativo al rischio di cadute dall'alto nel Comparto Edilizia" (Azione 5 del Programma Predefinito PP7 del PRP 2020-2025) finalizzato a contrastare gli infortuni gravi e mortali nel comparto edilizia.

Finalità
Ridurre il progressivo deterioramento delle parti strutturali ed impiantistiche dell'edificio.
Obiettivi prestazionali sanitari e ambientali
Garantire il massimo utilizzo possibile dell'apporto solare e dei venti (energie rinnovabili) per creare comfort abitativo e risparmio energetico.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Procedere ad una corretta progettazione dei sistemi passivi di bioclimatizzazione degli edifici prima di progettare l'integrazione impiantistica, al fine di minimizzare i costi di installazione e gestione degli impianti.

Garantire il mantenimento della qualità dell'edificio nell'arco della sua vita utile¹¹¹ attraverso l'uso appropriato degli impianti e idonee attività di manutenzione sulle parti strutturali ed impiantistiche.

Buone pratiche

Predisporre e mettere a disposizione dell'utente finale (o di colui che dovrà occuparsi della gestione dell'edificio) la documentazione riguardante:

- relazione geologica/geotecnica del suolo in cui è stato edificato lo stabile;
- disegni tecnici dell'edificio e degli impianti (elettrici, idrici e fognari, di riscaldamento domestico, di condizionamento, ecc.);
- caratteristiche tecniche e disegni delle parti murarie e degli infissi, con indicazione sui sistemi di isolamento termico/acustico e dei relativi materiali utilizzati;
- caratteristiche tecniche dei materiali da costruzione utilizzati;
- manuale d'uso dell'edificio;
- programma e manuale di manutenzione dell'edificio.

Predisporre e mettere a disposizione dell'utente finale (o di colui che dovrà occuparsi della gestione dell'edificio) l'archivio digitale-virtuale della documentazione tecnica realizzata con l'ausilio di strumenti software afferenti ai sistemi BIM (*Building Information Modeling*).

Come ulteriore criterio migliorativo per la gestione dell'edificio, prevedere, laddove possibile, l'implementazione di un sistema di automazione, controllo e gestione tecnica delle tecnologie a servizio dell'edificio (BACS - Building Automation and Control System). Tale sistema di automazione deve essere in grado di consentire all'utente un adeguato monitoraggio degli opportuni indicatori di prestazione energetica (es. per il riscaldamento, raffrescamento, illuminazione, ecc.), idrica (es. fornitura di acqua) ed eventualmente relativa ad altre risorse (es. gestione degli apporti di luce naturale attraverso le schermature solari) e di assicurare che le prestazioni energetiche dell'edificio siano le massime possibili grazie alla gestione ottimale automatica degli impianti.

Manuale d'uso

Predisporre schede sintetiche con le istruzioni e raccomandazioni per la corretta conduzione degli impianti, le indicazioni sulle modalità di accesso agli stessi al fine di effettuare il controllo, la pulizia periodica e la manutenzione. Indicare, laddove è necessario, le misure da adottare per l'esecuzione della attività di manutenzione in condizioni di sicurezza (es. utilizzo di DPI, dispositivi anticaduta, dispositivi antincendio, ecc.). Le schede possono inoltre riportare l'elenco in ordine temporale delle scadenze delle garanzie degli impianti, dei dispositivi elettronici, ecc. e una check-list per facilitare l'identificazione di guasti e malfunzionamenti, oltre ai principali interventi di riparazione da effettuare in caso di guasto.

Programma e manuale di manutenzione

Predisporre un programma di manutenzione dell'edificio finalizzato ad ottimizzare gli interventi sui componenti strutturali ed impiantistici, in relazione alla vulnerabilità delle parti dell'edificio, alla loro durabilità in funzione dell'intensità e modalità di utilizzo. Identificare le modalità e frequenze delle ispezioni periodiche.

Il programma di manutenzione deve dunque elencare:

- le prestazioni fornite dall'edificio nel corso della sua vita utile;
- le ispezioni periodiche da effettuare secondo un determinato programma temporale;
- gli interventi di manutenzione programmata con le modalità di intervento per specifico elemento tecnico;
- modalità di intervento in caso di guasti, malfunzionamenti, danni imprevisti, al fine di ripristinare le condizioni ottimali.

Il manuale di manutenzione dovrà contenere tutte le necessarie istruzioni per effettuare le attività manutentive che devono essere distinte tra quelle che possono essere svolte autonomamente da parte dell'utente e quelle che devono essere invece effettuate da tecnici specializzati.

¹¹¹ Per "vita utile" (*service life*) di un edificio comunemente si intende il periodo di tempo dopo l'edificazione durante il quale l'edificio o le sue parti mantengono livelli prestazionali superiori o uguali ai limiti di accettazione.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Strumenti di verifica

Verificare i contenuti dei documenti messi a disposizione dell'utente per la gestione e manutenzione dell'edificio (manuale d'uso, programma e manuale di manutenzione).

Approfondimenti

La Prassi di Riferimento UNI/Pdr 13.2019 presenta un criterio prestazionale (E.6.5 *Disponibilità della documentazione tecnica degli edifici*) finalizzato a verificare la disponibilità per il gestore di poter accedere e consultare in qualsiasi momento la documentazione relativa all'edificio che consenta di ottimizzare la gestione degli interventi manutentivi. Per l'edilizia residenziale privata, ad esempio, i documenti di riferimento indicati dalla suddetta Prassi sono la relazione tecnica generale e le relazioni specialistiche (es. relazione dell'impianto idrico, elettrico, sistema di condizionamento, ecc.), elaborati grafici (es. tavole progettuali), piani di manutenzione, ecc. In relazione alla completezza dell'archivio documentale è dunque possibile assegnare un punteggio secondo un'apposita scala prestazionale.

Uno dei più moderni strumenti di ausilio sia in fase di progettazione e realizzazione dell'edificio, sia per le attività di gestione e manutenzione da attuare durante l'intero ciclo di vita dell'edificio stesso, è rappresentato dalla metodologia informatica BIM (*Building Information Modeling*). Questa consiste in un metodo di progettazione che integra tutte le informazioni finalizzate alla progettazione architettonica, strutturale, impiantistica ed energetica di tutte le tipologie di costruzione, compresi dunque gli edifici e le infrastrutture. Nel settore edile, la progettazione di un immobile mediante modelli BIM consente di organizzare con estremo dettaglio tutto l'archivio di informazioni che caratterizzano ogni singolo elemento che compone l'edificio (struttura muraria, pavimenti, serramenti, impianti, ecc.), con la possibilità di poter estrarre in modo automatico e strutturato numerosi elaborati grafici e documentazione tecnica, organizzata in appositi abachi che possono essere aggiornati costantemente. Tale metodologia progettuale richiede una forte interazione e collaborazione tra gli specialisti di diverse discipline al fine di svolgere una progettazione integrata.

Tutti i livelli informativi, comprese le caratteristiche tecniche di ogni singolo elemento costruito, sono accessibili in qualsiasi momento e possono essere utilizzati, scambiati ed elaborati da tutti gli attori dell'iter costruttivo (es. progettista, direttore lavori) nonché dall'utente finale.

Nell'ambito delle attività di manutenzione, gestione di tutti gli aspetti che riguardano l'edificio esistente (impianti, sistemi di sicurezza, pulizia, aree verdi), nonché l'eventuale dismissione dell'immobile – generalmente note nel loro insieme con la terminologia *facility management* – è possibile integrare la metodologia BIM come strumento di simulazione e programmazione per ottimizzare l'organizzazione delle suddette attività. Facendo riferimento alle dimensioni con cui può essere strutturato un BIM, in tal caso si parla di BIM 7D, per distinguerlo dai livelli di definizione (LOD: *Level Of Definition*¹¹², secondo la norma UNI 11337) del BIM più bassi, relativi alla geometria della costruzione (3D), all'analisi dei tempi di realizzazione dell'opera (4D), all'analisi dei costi (5D), l'analisi di sostenibilità ambientale, energetica, economica e sociale (6D) e ai futuri livelli di dettaglio superiori che comprenderanno ulteriori parametri di valutazione quali ad esempio la sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione dell'opera.

In Italia, il D.Lgs. 50 del 2016 (Nuovo Codice Appalti) – recentemente riorganizzato dal D.Lgs. n. 36 del 31 marzo 2023 – disciplina l'introduzione di metodi e strumenti elettronici, quali il BIM, nella progettazione di opere pubbliche. Il Decreto Ministeriale n.560 del 2017, successivamente entrato in vigore, sancisce l'introduzione e l'obbligatorietà del BIM nel settore degli appalti pubblici. In particolare, l'art. 1 del suddetto Decreto riporta quanto segue:

Il presente decreto, in attuazione dell'articolo 23, comma 13, del decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50, definisce le modalità e i tempi di progressiva introduzione, da parte delle stazioni appaltanti, delle amministrazioni concedenti e degli operatori economici, dell'obbligatorietà dei metodi e strumenti elettronici specifici, quali quelli di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture, nelle fasi di progettazione, costruzione e gestione delle opere e relative verifiche.

¹¹² Definiti dalla norma UNI 11337-1. Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 1: Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

L'art. 6 del D.M. 560/2017 specifica i tempi di introduzione obbligatoria dei metodi e strumenti elettronici di modellazione per l'edilizia e per le infrastrutture:

Le stazioni appaltanti richiedono, in via obbligatoria, l'uso dei metodi e degli strumenti elettronici di cui all'articolo 23, comma 1, lettera h), del codice dei contratti pubblici secondo la seguente tempistica:

- a) per i lavori complessi relativi a opere di importo a base di gara pari o superiore a 100 milioni di euro, a decorrere dal 1° gennaio 2019;*
- b) per i lavori complessi relativi a opere di importo a base di gara pari o superiore a 50 milioni di euro a decorrere dal 1° gennaio 2020;*
- c) per i lavori complessi relativi a opere di importo a base di gara pari o superiore a 15 milioni di euro a decorrere dal 1° gennaio 2021;*
- d) per le opere di nuova costruzione ed interventi su costruzioni esistenti, fatta eccezione per le opere di ordinaria manutenzione, di importo a base di gara pari o superiore a 15 milioni di euro a decorrere dal 1° gennaio 2022;*
- e) per le opere di nuova costruzione, ed interventi su costruzioni esistenti, fatta eccezione per le opere di ordinaria e straordinaria manutenzione, di importo a base di gara pari o superiore alla soglia di cui all'articolo 35 del codice dei contratti pubblici a decorrere dal 1° gennaio 2023;*
- f) per le opere di nuova costruzione, ed interventi su costruzioni esistenti, fatta eccezione per le opere di ordinaria e straordinaria manutenzione, di importo a base di gara pari o superiore a 1 milione di euro, a decorrere dal 1° gennaio 2025.*

La Prassi di Riferimento UNI/Pdr 13.2019 presenta un criterio prestazionale (E.6.6 *Disponibilità della documentazione tecnica degli edifici - BIM*), di cui di seguito si riporta la relativa scheda, finalizzato a verificare la disponibilità dell'archivio digitale-virtuale della documentazione tecnica realizzata con l'ausilio di strumenti software afferenti ai sistemi BIM.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

SCHEDA CRITERIO E.6.6 – DISPONIBILITÀ DELLA DOCUMENTAZIONE TECNICA DEGLI EDIFICI – B.I.M.

QUALITÀ DEL SERVIZIO	NUOVA COSTRUZIONE RISTRUTTURAZIONE	E.6.6
Mantenimento delle prestazioni in fase operativa		
Disponibilità della documentazione tecnica degli edifici – B.I.M.		
AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
E. Qualità del servizio	E.6. Mantenimento delle prestazioni in fase operativa	
ESIGENZA	PESO DEL CRITERIO	
Ottimizzare l'operatività dell'edificio e dei suoi sistemi tecnici, nell'ottica dell'ottimizzazione gestionale dell'edificio nel suo ciclo di vita.	<u>nel sistema completo</u> <u>nella categoria</u>	
INDICATORE DI PRESTAZIONE	UNITA' DI MISURA	
Presenza, caratteristiche e dettaglio della documentazione tecnica dell'edificio	-	

SCALA DI PRESTAZIONE PER EDILIZIA RESIDENZIALE PRIVATA:		
		PUNTI
SUFFICIENTE	Non esiste alcun modello BIM. Ovvero un modello informativo che rappresenti, attraverso la virtualizzazione dei dati e dei contenuti informativi, la realtà dell'edificio.	0
	Esiste un modello BIM definito alla scala di dettaglio LOD A-B. Relativamente alle componenti Architettoniche, Strutturali ed Impiantistiche.	1
BUONO	Esiste un modello BIM definito così come da Capitolato Informativo alla scala di dettaglio LOD C-D. Relativamente alle componenti Architettoniche, Strutturali ed Impiantistiche.	3
OTTIMO	Esiste un modello BIM definito così come da Capitolato Informativo alla scala di dettaglio LOD E ed oltre. Relativamente alle componenti Architettoniche, Strutturali ed Impiantistiche.	5

SCALA DI PRESTAZIONE PER EDILIZIA RESIDENZIALE PUBBLICA:– Edifici Soggetti così come da decreto n. 560 del 1 dicembre 2017 in attuazione dell'Art 23 del decreto legislativo del 18 Aprile 2016, n°5		
		PUNTI
NEGATIVO	Non esiste alcun modello BIM. Ovvero un modello informativo che rappresenti, attraverso la virtualizzazione dei dati e dei contenuti informativi, la realtà dell'edificio.	-1
SUFFICIENTE	Esiste un modello BIM definite così come da Capitolato Informativo alla scala di dettaglio LOD A-B. Relativamente alle componenti Architettoniche, Strutturali ed Impiantistiche.	0



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

BUONO	Esiste un modello BIM definito così come da Capitolato Informativo alla scala di dettaglio LOD C-D. Relativamente alle componenti Architettoniche e Strutturali ed Impiantistiche.	3
OTTIMO	Esiste un modello BIM definito così come da Capitolato Informativo alla scala di dettaglio LOD E ed oltre. Relativamente alle componenti Architettoniche e Strutturali ed Impiantistiche.	5

SCALA DI PRESTAZIONE PER EDILIZIA RESIDENZIALE PUBBLICA – Edifici NON Soggetti al decreto n. 560 del 1 dicembre 2017 in attuazione dell'Art 23 del decreto legislativo del 18 Aprile 2016, n°5		
		PUNTI
SUFFICIENTE	Non esiste alcun modello BIM. Ovvero un modello informativo che rappresenti, attraverso la virtualizzazione dei dati e dei contenuti informativi, la realtà dell'edificio.	0
	Esiste un modello BIM definito alla scala di dettaglio LOD A-B. Relativamente alle componenti Architettoniche, Strutturali ed Impiantistiche.	1
BUONO	Esiste un modello BIM definito così come da Capitolato Informativo alla scala di dettaglio LOD C-D. Relativamente alle componenti Architettoniche, Strutturali ed Impiantistiche.	3
OTTIMO	Esiste un modello BIM definito così come da Capitolato Informativo alla scala di dettaglio LOD E ed oltre. Relativamente alle componenti Architettoniche, Strutturali ed Impiantistiche.	5

Metodo e strumenti di verifica

1 Verificare la Tipologia dell'Opera se Privata o Pubblica. Se Pubblica Verificare il campo di obbligo normativo relativo alla necessità di dotarsi di un modello digitale del fabbricato afferente ai sistemi BIM così come da decreto n. 560 del 1 dicembre 2017 in attuazione dell'Art 23 del decreto legislativo del 18 Aprile 2016, n°50, e successive varianti, Codice dei Contratti Pubblici.

2 Verificare che sia prevista l'archiviazione della documentazione tecnica riguardante l'edificio, nella sua rappresentazione "digitale – virtuale" realizzata con l'ausilio di strumenti software afferenti ai sistemi BIM. Ovvero in grado di garantire adeguata interoperabilità in linea con i formati digitali IFC (Industry Foundation Classes) necessari allo scambio dei dati e delle informazioni relative alla rappresentazione digitale del fabbricato. Verificare la presenza del Capitolato Informativo e i suoi contenuti rispetto ai livelli di sviluppo degli oggetti del modello virtuale (LOD) ai sensi della norme UNI 11337.

3 Verificare il livello dei LOD del modello BIM rispetto ai 7 gradi proposti: A-B-C-D-E-F-G (così come identificati della norma UNI 11337) e rispetto alle componenti tipologiche relative al patrimonio informativo: Architettonico, Strutturale ed Impiantistico.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE S'IGIENE E SANIDADE E DE S'ASSISTÈNTZIA SOTZIALE
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE

Riferimenti bibliografici

- Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni COM(2020)98 final. “Un nuovo piano d'azione per l'economia circolare per un'Europa più pulita e competitiva”.
- Direttiva (UE) 2020/2184 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2020 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano.
- D.M. del 19 dicembre 2017. Direttive e calendario per le limitazioni alla circolazione stradale fuori dai centri abitati nell'anno 2018 nei giorni festivi e particolari, per veicoli di massa superiore a 7,5 tonnellate. (17A08738) (GU Serie Generale n.303 del 30-12-2017)
- D.M. del 23 giugno 2022 “Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l'affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l'affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi”. (22A04307) (GU Serie Generale n.183 del 06-08-2022).
- ISTAT. Le statistiche dell'ISTAT sull'acqua. Anni 2018-2020 <https://www.istat.it/it/archivio/255596>
- ISTAT. BES 2021. Rapporto sul benessere equo e sostenibile in Italia. <https://www.istat.it/it/archivio/254828>
- Istituto Superiore di Sanità. Rapporti ISTISAN 22/32. Linee Guida per la valutazione e la gestione del rischio per la sicurezza dell'acqua nei sistemi di distribuzione interni degli edifici prioritari e non prioritari e in talune navi ai sensi della Direttiva (UE) 2020/2184.
- Ministero della Salute. Documento di indirizzo per la pianificazione urbana in un'ottica di Salute Pubblica https://www.salute.gov.it/portale/documentazione/p6_2_2_1.jsp?lingua=italiano&id=3125
- Prassi di Riferimento UNI: UNI/PdR 13.0:2019 Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità - Inquadramento generale e principi metodologici. (link: https://www.itaca.org/valutazione_sostenibilita.asp)
- Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.1:2019. Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità - Edifici residenziali. (link: https://www.itaca.org/valutazione_sostenibilita.asp)
- Prassi di Riferimento UNI/PdR 13.2:2019. Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità - Edifici non residenziali. (link: https://www.itaca.org/valutazione_sostenibilita.asp)
- Regione Autonoma della Sardegna. - Piano di Gestione del Distretto idrografico della Sardegna – Terzo ciclo di pianificazione 2021/2027. Allegato 9.1. (link: <http://www.regione.sardegna.it/index.php?xsl=509&s=1&v=9&c=93824&tb=6695&st=7>)
- UNI 11337-1. Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 1: Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi.