

CAM e qualità dell'ambiente interno

Come emerge dalla realizzazione del nuovo padiglione presso l'Ospedale Infermi di Rimini, i CAM spingono a ripensare la progettazione fin dalle sue prime fasi, per porre l'attenzione non solo sull'efficienza energetica del sistema edificio-impianto ma anche sulla sostenibilità intesa come benessere degli occupanti

*G. Romano, A. Lisiero, A. Fornasiero, M. Deplano**

Se fino a qualche tempo fa la legislazione in ambito edilizio si è rivolta prevalentemente agli aspetti tecnici, quali la sicurezza e la funzionalità di un edificio, il progressivo riconoscimento dell'effetto degli edifici sul benessere e sulla qualità della vita degli occupanti ha portato ad una maggiore attenzione verso tale argomento, che si riscontra, ad esempio, all'interno dei Criteri Ambientali Minimi (CAM)^[1].

I CAM orientano la progettazione su più aspetti, al fine di rendere il processo di progettazione e realizzazione il più trasparente e sostenibile possibile, a livello territoriale e urbanistico, di efficienza energetica e idrica, della selezione dei prodotti e dei materiali da costru-

zione, ma anche di implementazione di pratiche di cantiere. Inoltre, sin dalla loro prima versione, pubblicata con il D.M. 24/12/2015, i CAM hanno introdotto specifici criteri per il benessere ambientale interno e la salubrità, analogamente alle certificazioni energetico-ambientali degli edifici nazionali e internazionali, quali LEED, BREEAM e ITACA, affrontando la questione su più fronti: qualità dell'aria, comfort termometrico, comfort acustico, adeguatezza dell'illuminazione naturale dei

locali e inquinamento elettromagnetico e da radon.

La qualità dell'ambiente interno

La qualità dell'aria

La qualità dell'aria interna è influenzata da diversi fattori, tra cui la qualità dell'aria esterna, i materiali da costruzione con cui è realizzato l'edificio, il layout architettonico e il sistema impiantistico^[2].

L'adozione di un sistema di venti-

lazione meccanica ha il vantaggio di garantire un preciso ricambio d'aria all'interno dell'edificio, permettendo la diluizione dei contaminanti, il controllo dell'umidità e una migliore miscelazione dell'aria^[3]. In quest'ottica, i CAM hanno introdotto l'obbligo della ventilazione meccanica negli edifici pubblici, riconoscendo la sua efficacia rispetto alla semplice aerazione, i cui requisiti minimi devono comunque essere rispettati. Il criterio 2.4.5 – Aerazione, ventilazione e Qualità dell'aria indica due norme alternative per la determinazione delle portate: la ormai storica UNI 10339:1995 oppure la più recente UNI EN 16798-1 del 2019, che fa parte del pacchetto di norme EPBD. Le due norme affrontano il problema della portata con approcci diversi: la prima definisce le portate minime (per persona o per superficie) in base alla destinazione d'uso dell'ambiente, mentre la seconda propone tre metodi per la definizione delle portate, in modo da dare più flessibilità al progettista. Il tasso di ventilazione degli edifici come definito dalla EN 16798 tiene conto, da un lato, della qualità dell'aria, con categorie dalla I (livello elevato) alla IV (livello basso, accettabile sostanzialmente solo per edifici esistenti) e, dall'altro, della qualità degli edifici, che può andare dalla Very Low-polluting, alla

Low-polluting fino alla Non Low-polluting, a seconda delle caratteristiche dell'edificio stesso.

All'interno dei CAM, per il calcolo con EN 16798, è richiesto di adottare le portate d'aria per il rispetto dei livelli qualitativi previsti per la categoria II (Medium) nel caso di interventi importanti come nuove costruzioni e ampliamenti, mentre è sufficiente la categoria III (Moderate) nel caso di interventi meno invasivi, come le ristrutturazioni e le riqualificazioni energetiche, in cui può risultare più complesso inserire un impianto di ventilazione meccanica. Una nota interessante emerge dal fatto che la minore portata d'aria è permessa fintantoché si rispettano i requisiti di benessere termico. Inoltre, si sottolinea l'importanza, oltre che del consumo energetico, anche del rumore e del possibile ingresso dall'esterno di agenti inquinanti, evidenziando quindi la centralità della qualità dell'ambiente nella progettazione degli edifici.

I CAM affrontano il problema della qualità dell'aria anche da un altro punto di vista, ovvero da quello della presenza di inquinanti interni, attraverso due criteri: il criterio 2.5.1 – Emissioni negli ambienti confinanti (inquinamento indoor) e il criterio 2.4.12 – Radon. Il primo limita le emissioni prodotte dai

materiali da costruzione di sostanze potenzialmente nocive, tra le quali il toluene, la formaldeide e i COV, mentre il secondo affronta la questione della concentrazione di radon nel suolo, un problema diffuso in Italia e responsabile di malattie tumorali^[4], imponendo un livello di concentrazione medio annuo inferiore a 200 Bq/m², un limite nettamente più stringente rispetto alla normativa previgente in materia^[5].

Il benessere termico

Il comfort termico è fondamentale per il benessere psicofisico dell'uomo: è stato dimostrato, infatti, che uno scostamento di un grado dalla temperatura ottimale può causare una riduzione della produttività del 2%^[2]. In letteratura tecnica sono stati proposti diversi modelli per descrivere il comfort termico; i CAM, nel criterio 2.4.6 – Benessere termico, indicano come riferimento il modello derivato dagli studi di Fanger, descritto nella UNI EN ISO 7730, che si basa sul concetto che il benessere termico sia influenzato da sei parametri: due legati alla persona, quali l'attività fisica e l'abbigliamento, e quattro legati all'ambiente, ovvero la temperatura dell'aria, la temperatura media radiante, la velocità dell'aria e l'umidità dell'aria. L'insieme di questi parametri permette di effettuare un bilancio di energia termica sull'intero corpo, sulla base del quale è possibile prevedere la sensazione termica, sia essa calda, fredda o neutra, che percepirà una persona. La sensazione termica viene quantificata attraverso il Voto Medio Previsto (PMV), a partire dal quale è possibile calcolare anche un secondo parametro, la Percentuale Prevista di Insoddisfatti (PPD), che indica la percentuale di persone che si trovano a disagio a seconda di una specifica combinazione dei parametri di comfort. Esistono poi fonti di discomfort locali, quali la velocità dell'aria, la differenza verticale di temperatura dell'aria tra la testa e le caviglie, la temperatura del pavimento e la differenza di temperatura radiante, o asimmetria radiante.

I CAM richiedono il raggiungimento della classe di comfort B secondo la UNI 7730, sia per quanto riguarda il comfort complessivo che quello locale; i limiti dei parametri di comfort per le diverse classi sono indicati nella Tabella 1.

In tema di asimmetria radiante, è opportuno sottolineare come il criterio 2.4.8 – Dispositivi di ombreggiamento influenzi il comfort termico: l'imposizione di un limite massimo di trasmissione solare totale, permette di ridurre gli apporti termici che possono causare discomfort, soprat-

TABELLA 1 Limiti di comfort secondo la UNI 7730

Categoria	Stato termico nel suo complesso		Disagio locale			
	PPD [%]	PMV	DR [%]	PD [%] causato da		
				Differenza verticale di temperatura dell'aria	Pavimento caldo o freddo	Asimmetria radiante
A	< 6	-0,2 < PMV +0,2	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	-0,5 < PMV +0,5	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	-0,7 < PMV +0,7	< 30	< 10	< 15	< 10

tutto durante la stagione estiva. L'unica eccezione dei CAM a tale richiesta riguarda le soluzioni architettoniche orientate alla captazione della radiazione, come le serre solari.

Il comfort visivo

L'esposizione alla luce naturale favorisce la corretta funzionalità dell'orologio biologico e influenza l'attività mentale e fisica dell'uomo^[2]. I CAM riconoscono questa esigenza nel criterio 2.4.7 – Illuminazione naturale, nel quale, per tutti i locali regolarmente occupati, sono individuati specifici valori minimi di illuminamento, calcolati come definito dalla norma UNI EN 17037 in base alla destinazione d'uso dell'edificio oggetto dell'appalto. La norma prevede il superamento di due livelli, il primo di riferimento (Target Illuminance) per almeno il 50% dei punti della griglia di calcolo all'interno del singolo locale e il secondo di riferimento minimo (Minimum Target Illuminance) per il 95% dei punti della griglia di calcolo. In entrambi i casi ci si riferisce al superamento del livello di illuminamento per almeno il 50% delle ore di disponibilità di luce diurna nel corso dell'anno.

La Tabella 2 sintetizza le richieste dei CAM per le diverse destinazioni d'uso degli edifici per i due livelli di riferimento dell'illuminamento per tutti i locali regolarmente occupati.

Nel caso in cui ci si trovi in una situazione per cui non sia possibile ottemperare ai livelli di illuminamento prescritti, come nel caso di ristrutturazioni che non coinvolgono la modifica dell'involucro trasparente o interventi su edifici vincolati, i CAM richiedono di garantire un fattore di luce diurna pari al 2% per tutte le altre destinazioni d'uso e al 3% per gli asili nido e le scuole materne, primarie e secondarie. Per il calcolo del fattore di luce diurna, il criterio richiama le norme UNI EN 17037, UNI 10840 e UNI EN 15193-1 per la verifica dei diversi parametri.

Si può osservare che i requisiti per la penetrazione della luce naturale nei locali devono essere ottemperati contemporaneamente a quanto richiesto dal criterio 2.4.8 – Dispositivi di ombreggiamento, e pertanto è richiesta una specifica attenzione durante la fase progettuale al fine di evitare eventuali conflitti con altri criteri, tra cui il sopracitato 2.4.6 - Benessere termico.

Oltre agli aspetti della luce naturale, i CAM prevedono specifici requisiti per l'illuminazione artificiale. Il criterio 2.4.3 – Impianti di illuminazione per interni, richiede infatti il rispetto dei livelli di illuminamento individuati per le diverse destinazioni d'uso dei singoli locali dalla

TABELLA 2 Valori livelli di illuminamento naturale in base alla destinazione d'uso degli edifici

	Livello di illuminamento di riferimento verificato per almeno il 50% dei punti di misura [lux]	Livello di illuminamento minimo di riferimento verificato per almeno il 95% dei punti di misura [lux]
Altre destinazioni d'uso*	500	100
Scuole primarie e secondarie	500	300
Scuole materne e asili nido	750	500

* i valori possono essere ulteriormente incrementati come per le altre destinazioni d'uso se richiesto dalla Stazione Appaltante.

TABELLA 3 Confronto tra D.P.C.M. 5 dicembre 1997 e CAM Edilizia adottati con DM 23 giugno 2022

Indice	DPCM 5/12/1997	CAM Edilizia 2022
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata, D2 m,nT,w [dB]	45	43
Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari, R'w [dB]	55	56
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari, L'nw [dB]	58	53
Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo in ambienti diversi da quelli di installazione Lic (UNI 11367) / Leq (DPCM 5/12/97) [dB(A)]	25	28
Livello sonoro massimo corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo in ambienti diversi da quelli di installazione Lid / LASmax [dB(A)]	35	34
Isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, DnT,w [dB]	-	55
Isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare, DnT,w [dB]	-	50
Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato tra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, L'nw [dB]	-	53
Isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo dell'edificio collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi, DnT,w [dB]	-	30
Tempo di riverbero, T [s]	-	Variabile tra 0,4 s e 1,3 s in base alla destinazione d'uso dell'ambiente

norma UNI EN 12464-1, per garantire il corretto comfort visivo per lo svolgimento delle attività degli occupanti degli edifici, l'adozione di sistemi di regolazione dipendenti dall'occupazione e dall'illuminazione naturale, per ottimizzare il consumo energetico e i livelli di illuminazione, e l'utilizzo di

lampade a LED per abitazioni, scuole e uffici con durata di vita utile di 50.000 ore, al fine di minimizzare l'impegno manutentivo nel tempo.

Il comfort acustico

Le prestazioni ambientali minime richieste all'edificio sono definite in

termini di requisiti acustici passivi (UNI 11367) e di qualità acustica degli spazi (UNI 11532)^[6]. Nella Tabella 3 si riporta il confronto tra i valori richiesti dal D.P.C.M. 5 dicembre 1997 e i requisiti minimi per l'applicazione dei CAM.

Come si evince dalla Tabella 3 i CAM impongono il rispetto di un numero di parametri maggiore rispetto alla normativa vigente. Per quanto riguarda i parametri già normati dal legislatore, le differenze risultano contenute entro 3 dB, con l'esclusione del livello di rumore di calpestio per il quale i CAM impongono il rispetto di un limite massimo più cautelativo (5 dB in meno rispetto al D.P.C.M. 5/12/1997).

Per quanto riguarda la applicazione della norma UNI 11367 si specifica quanto segue:

- l'applicazione dell'indice dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$, è relativa agli ambienti "completamente delimitati" destinati al soggiorno e alla permanenza di persone. Secondo tale definizione potrebbero essere esclusi dalla verifica anche ambienti il cui normale utilizzo prevede il mantenimento delle porte di ingresso aperte (è dibattuto, ad esempio, il caso delle degenze, che, per effetto delle porte mantenute normalmente aperte, potrebbero essere intese quali volumi non completamente delimitati);
- l'applicazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo dell'edificio, collegati mediante

accessi o aperture ad ambienti abitativi, dovrebbe essere prevista esclusivamente in corrispondenza delle pareti tra ambienti accessori collettivi e ambienti abitativi di un'unità immobiliare (ad esempio si effettua la verifica tra sale di attesa ed ambulatori ma non tra ambienti abitativi e corridoi).

Altre fonti di inquinamento

I campi elettromagnetici sono una fonte di inquinamento non trascurabile all'interno di un ambiente, i cui effetti sono ancora poco noti e sono attualmente sotto esame da parte delle più grandi organizzazioni internazionali, tra cui l'OMS^[7]. Il criterio CAM 2.4.10 – Inquinamento elettromagnetico negli ambienti, benché non imponga dei valori limite, fornisce precise indicazioni progettuali al fine di limitare l'esposizione ai campi elettromagnetici, sia a bassa (ELF) e che ad alta frequenza (RF), oltre che riaffermare la necessità di rispettare la normativa di riferimento all'interno di edifici che prevedono la permanenza di persone oltre le quattro ore giornaliere^[8].

Il caso studio

Su incarico conferito dall'AUSL Emilia-Romagna è stato redatto il Progetto definitivo relativo alla realizzazione di un Nuovo Padiglione presso l'Ospedale Infermi di Rimini, previa demolizione di alcuni corpi esistenti. Si veda Figura 1.

Di seguito una disamina della strategia progettuale adottata per il soddisfacimento di alcuni criteri CAM.

Criterio 2.4.7 – Illuminazione naturale

L'intervento in oggetto, non trattandosi di una scuola, ricade nel caso "Altre destinazioni d'uso", per cui è stato verificato l'illuminamento di 500 lux per almeno il 50% dei punti di misura e di 100 lux per almeno il 95% dei punti di misura all'interno di ciascun locale, in entrambe i casi per almeno la metà delle ore di luce diurna nel corso dell'anno.

Conformemente a quanto indicato nella norma UNI EN 17037, per le simulazioni è stata adottata una griglia di calcolo posta sul piano di lavoro, ovvero ad una altezza dal pavimento pari a 85 cm. Tenuto conto della specificità dei locali, le griglie di calcolo sono state adattate individuando la superficie utile degli ambienti per effettuare la verifica; sono state quindi escluse le superfici inerenti a zone di passaggio chiaramente individuabili in quanto non soggette a presenza continuativa.

Le verifiche sono state effettuate mediante simula-

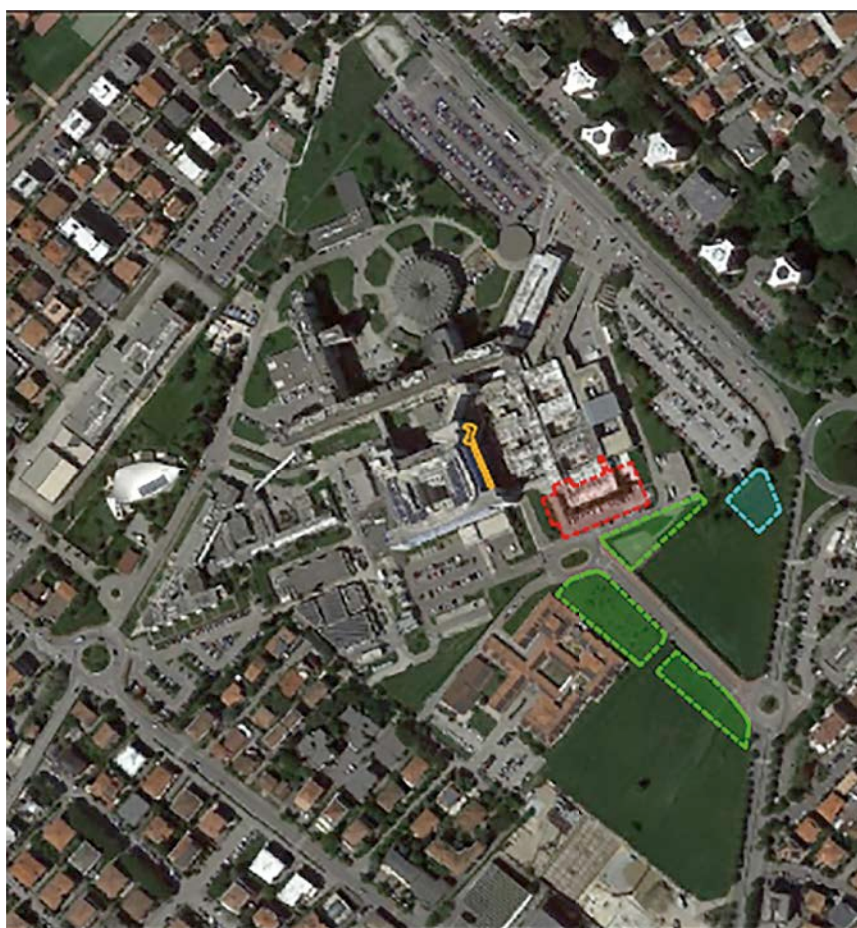


FIGURA 1 Estratto immagine satellitare con evidenziati gli interventi previsti, così ripartiti: in rosso è indicato l'edificio in costruzione, in verde i parcheggi pertinenziali e in azzurro la localizzazione della nuova elisuperficie

zioni numeriche, come indicato dalla norma UNI EN 17037, Metodo 2 (Calcolo dei livelli di illuminamento), con l'impiego di software specialistico, basato sul codice di calcolo più accreditato a livello tecnico-scientifico per la simulazione della luce naturale, Radiance, sviluppato a partire dal 1985 nell'ambito delle attività di ricerca del Lawrence Berkley National Laboratory.

Per la verifica del superamento dei livelli di riferimento (Target Illuminance e Minimum Target Illuminance) è stato realizzato un modello geometrico dettagliato a partire dal modello BIM di progetto, a cui sono state applicate le caratteristiche fisiche di riflessione e trasmissione luminosa delle superfici. In particolare, per la riflettività sono stati impiegati i valori acromatici di riferimento suggeriti dalla norma UNI EN 17037, per ovviare alle possibili variazioni di colore dei materiali di finitura che potrebbero avvenire in fase costruttiva. Il fattore di trasmissione luminosa per le vetrate è stato assunto pari al 70% per tutti i serramenti verticali, e del 60% per i lucernari, in base a specifiche scelte progettuali e alle attuali tecnologie per i pannelli vetriati.

Il calcolo dei livelli di illuminamento è stato effettuato su tutti i locali regolarmente occupati, ovvero in cui sono previste attività lavorative continuative e/o residenziali per almeno un'ora al giorno, con esclusione quindi dei locali caratterizzati da occupazioni molto brevi o occasionali, quali sale d'attesa, locali colloqui, medicherie, postazioni infermieristiche e locali cucina o relax.

I risultati delle analisi, di cui si riporta in questa sede un'immagine esemplificativa in Figura 2, hanno permesso di dimostrare la conformità puntuale del progetto a quanto richiesto dai CAM sia per i valori di riferimento che per i valori minimi di illuminamento, con modeste carenze per alcuni locali, derivate principalmente dal vincolo rappresentato dall'adiacente edificio preesistente.

Critério 2.4.11 – Comfort Acustico

Progettazione partizioni interne

L'applicazione dell'indice DnT,w pari a 50 dB relativo all'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare incide in modo rilevante nella progettazione sia per l'elevata prestazione richiesta, soprattutto in considerazione delle esigenze impiantistiche degli ambienti ospedalieri, sia per il numero di ambienti che rientrano nella verifica. Si veda Figura 3.

Per il raggiungimento di tale requisito minimo, per le

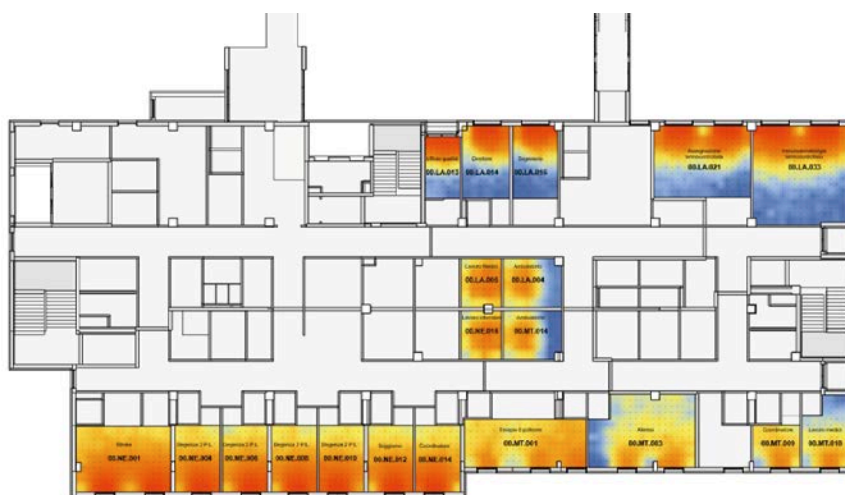


FIGURA 2 Rappresentazione esemplificativa dello studio dell'illuminamento per i livelli di riferimento (Target Illuminance) nei singoli locali regolarmente occupati (Piano 0)

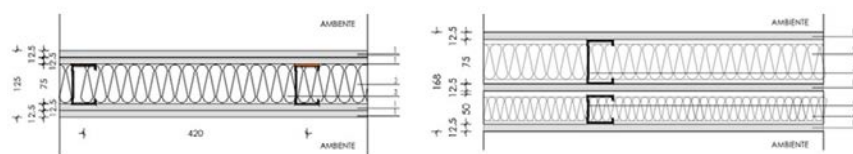


FIGURA 3 Pareti leggere normalmente utilizzate tra ambienti ospedalieri vs pareti leggere con lastra intermedia

pareti tra ambienti abitativi confinati con particolari esigenze di privacy/quiete, come ambulatori, studi medici, uffici e degenze, non risulta sufficiente sempre la soluzione di parete leggera in cartongesso di spessore almeno 100 mm con 2 lastre per lato (R_w certificato superiore a 54 dB), che solitamente viene adottata per gli ambienti ospedalieri, poiché a causa delle numerose forature impiantistiche, non è tecnicamente possibile ottenere in opera il livello richiesto dalla norma UNI 11367.

Per il rispetto del valore di isolamento richiesto risulta pertanto necessario adottare stratigrafie che prevedano la presenza di almeno una lastra intermedia in cartongesso, con il conseguente aumento dei costi e la riduzione della superficie netta degli ambienti rispetto alla superficie lorda complessiva a disposizione.

Inoltre, per garantire la presta-

zione fonoisolante, è necessario che il progetto impiantistico (Figura 4) nel suo complesso sia impostato in modo da non interrompere la continuità delle pareti tra ambienti e preveda, per quanto possibile, l'assenza di forature passanti. La soluzione più opportuna è quella di far passare i rami principali della rete impiantistica lungo i corridoi interrompendo con le diramazioni secondarie esclusivamente le pareti verso il corridoio (pareti già necessariamente meno performanti per la presenza delle porte di ingresso).

Per ottimizzare la resa delle partizioni, è necessario prevedere, per quanto possibile, lo sfalsamento dei fori dei sanitari e delle tracce impiantistiche, se presenti su entrambe le facciate della parete, e la sigillatura dei fori. Per un'ulteriore mitigazione delle perdite di fonoisolamento è possibile usare, in corrispondenza delle scatole

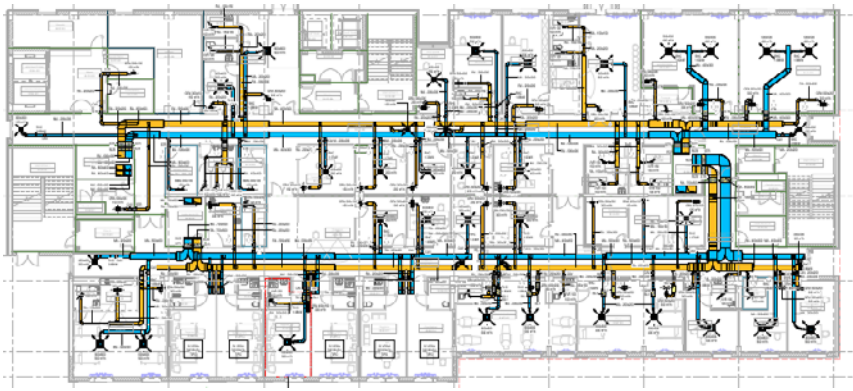


FIGURA 4 Progetto impianto di climatizzazione – Distribuzione canalizzazioni aria

elettriche, dei rivestimenti intumescenti che consentono di ripristinare l'integrità della parete dal punto di vista antincendio e acustico.

Per quanto riguarda la verifica dell'indice dell'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo dell'edificio collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi, risulta necessaria la selezione, in linea di massima, di porte

di ingresso agli ambienti con R_w certificato almeno pari a 26 dB con conseguente incremento dei costi dell'opera.

Qualità acustica degli spazi: controllo della riverberazione

Tra i criteri viene richiesto che gli ambienti interni siano idonei al raggiungimento dei valori indicati per il tempo di riverberazione dalla norma UNI 11532 (che non fa alcun riferimento al volume

degli ambienti), limitandosi a indicare uno o più valori in relazione alla destinazione d'uso. Inoltre, vengono riportati tempi di riverberazione di riferimento, molto contenuti, anche per spazi accessori e connettivi (come scale e ascensori) con basse esigenze di comfort acustico.

Per contenere la riverberazione negli ambienti si ricorre generalmente all'adozione di controsoffitti fonoassorbenti, all'inserimento di pannelli fonoassorbenti a parete o a soffitto (baffles) o ad arredo fonoassorbente.

Nel caso in questione si è prescritto l'utilizzo di un controsoffitto fonoassorbente per degenze, studi medici, e uffici del personale sanitario. Per gli ambienti con particolari necessità di igiene (degenze isolate) non è stato possibile adottare controsoffitti fonoassorbenti poiché le caratteristiche non acustiche (come pulibilità e sanificabilità, astaticità, in primo luogo, ma anche la tenuta, la durabilità e infine l'aspetto estetico) sono risultate prioritarie.

Conclusioni

L'adozione dei CAM nella progettazione degli edifici pubblici, e in particolare delle nuove strutture ospedaliere, ha comportato, tra le altre cose, la necessità di migliorare le prestazioni acustiche e di approfondire gli studi sulla radiazione solare, nella sua componente positiva (illuminazione naturale) e negativa (rientrate solari estive).

L'applicazione dei criteri può comportare, a fronte dell'aumento delle performance dell'edificio, degli effetti sul costo di costruzione dell'opera. In quest'ottica, i CAM spingono a ripensare la progettazione fin dalle sue prime fasi, come mostrato dal caso studio, per porre l'attenzione non solo sull'efficienza energetica del sistema edificio-impianto ma anche sulla sostenibilità intesa come benessere degli occupanti.

Per una corretta progettazione degli spazi risulta quindi necessaria la combinazione delle esigenze architettoniche e impiantistiche e dei bisogni legati al comfort e alla qualità dell'ambiente interno, estendendo sempre di più il concetto di "progettazione integrata" e raggiungendo livelli di complessità tali da rendere indispensabile il ricorso alle metodologie BIM attraverso la creazione di un vero e proprio twin digitale. ■

* *Alessandra Lisiero, Andrea Fornasiero, Martina Deplano, Manens s.p.a.*
Giuseppe Romano, Manens s.p.a – membro del Consiglio Direttivo 2023-2026 AiCARR

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- [1] Ministero della transizione ecologica – Decreto 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."
- [2] Mujan, I., Anđelković, A. S., Munčan, V., Kljajić, M., & Ružić, D. (2019). Influence of indoor environmental quality on human health and Productivity - A Review. *Journal of Cleaner Production*, 217, 646–657. doi:10.1016/j.jclepro.2019.01.307
- [3] Tran, V. V., Park, D., & Lee, Y.-C. (2020). Indoor air pollution, related human diseases, and recent trends in the control and improvement of Indoor Air Quality. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(8), 2927. doi:10.3390/ijerph17082927
- [4] Istituto Superiore di Sanità (2022). Protezione dal Radon. [https://www.iss.it/protezione dal-radon](https://www.iss.it/protezione-dal-radon)
- [5] Decreto legislativo 31 luglio 2020, n.101 – "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 riordina la normativa di settore in attuazione dell'articolo 20, comma 1, lettera a), della legge 4 ottobre 2019, n. 117."
- [6] Prof. Ing. Mauro Strada, Ing. Alessandra Lisiero et al. – Criteri Ambientali Minimi: caso pratico di progettazione acustica di un ospedale.
- [7] Istituto Superiore di Sanità. Campi Elettromagnetici - Aspetti epidemiologici. <https://www.epicentro.iss.it/campi-elettromagnetici/epidemiologia>
- [8] Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 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.