

UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE



FACOLTA' DI INGEGNERIA

LAUREA MAGISTRALE In Ingegneria Edile

ANALISI DELLA NUOVA NORMATIVA PER I PARAMETRI
DELL'AMBIENTE INTERNO

ANALYSIS OF THE NEW REGULATION FOR THE INTERNAL
ENVIRONMENT PARAMETERS

Candidato:

Alessandro Gaspari

Relatore:

Costanzo Di Perna

Anno accademico 2019/2020

INDICE

Introduzione	p.1
1. Descrizione generale dell'edificio	
1.1 Fabbricato	p.2
1.2 Impianti	p.2
1.3 Suddivisione degli spazi appartamento 1A	p.3
1.4 Componenti strutturali del fabbricato	p.4
1.4.1 <i>Componenti opachi</i>	p.4
1.4.2 <i>Componenti trasparenti</i>	p.5
1.5 Zone termiche	p.6
1.6 Descrizione generale degli impianti tecnici	p.6
1.6.1 <i>Impianto di riscaldamento</i>	p.6
1.6.2 <i>Impianto di produzione di acqua calda sanitaria</i>	p.6
1.7 Portate di ventilazione	p.7
2. Ventilazione, qualità dell'aria e confort abitativo	
2.1 Gli inquinanti nell'aria	p.8
2.2 Ventilazione naturale	p.10
2.3 Aerazione	p.11
2.4 Ventilazione meccanica	p.12
2.4.1 <i>Semplice flusso</i>	p.13
2.4.2 <i>Doppio flusso</i>	p.15
2.4.3 <i>Costi della ventilazione e recuperatore di calore</i>	p.16

3. La nuova normativa

3.1 Introduzione	p.17
3.2 Ambiente termico	p.17
3.2.1 <i>Il tiraggio</i>	p.18
3.2.2 <i>Differenza di temperatura dell'aria verticale</i>	p.18
3.2.3 <i>Temperature della superficie dei pavimenti</i>	p.18
3.2.4 <i>Asimmetria della temperatura radiante</i>	p.18
3.3 Progettazione per la qualità dell'aria interna	p.19
3.3.1 <i>Punti chiave IAQ</i>	p.19
3.3.2 <i>Documentazione di progetto</i>	p.19
3.4 Metodi	p.20
3.4.1 <i>Metodo 1 basato sulla qualità dell'aria percepita</i>	p.20
3.4.2 <i>Metodo 2 basato sulla concentrazione delle sostanze inquinanti</i>	p.21
3.4.3 <i>Metodo 3 basato su portate di ventilazione predefinite</i>	p.21
3.5 Umidità	p.22
3.6 Illuminazione	p.22
3.7 Rumore	p.23

4. Applicazione della norma al caso di studio

4.1 Generale	p.24
4.2 Parametri dell'ambiente interno	p.24
4.2.1 <i>Percentuale di persone insoddisfatte</i>	p.24
4.2.2 <i>Temperatura operativa</i>	p.24
4.3 Ventilazione di riferimento e ventilazione effettiva	p.25
4.4 Caso 1: Ventilazione naturale	p.26
4.4.1 <i>Aree di apertura</i>	p.27

4.5 Caso 2: Ventilazione meccanica controllata	p.28
4.5.1 <i>Impianto di ventilazione</i>	p.29
4.5.2 <i>Metodi per il calcolo della portata di immissione</i>	p.30
4.5.3 <i>Concentrazioni di CO2 di progetto in soggiorni e camere da letto</i>	p.31
4.5.4 <i>Calcolo della portata di estrazione</i>	p.32
4.5.5 <i>Portata effettiva</i>	p.33
4.6 Fabbisogni di energia termica	p.37
4.6.1 <i>Scambi termici per trasmissione e ventilazione</i>	p.37
4.6.2 <i>Coefficiente globale di scambio termico per ventilazione</i>	p.38
4.7 Fabbisogni da relazione di calcolo	p.38
4.7.1 <i>Discussione dei risultati</i>	p.40
Riflessioni conclusive	p.41
Bibliografia	p.42

INTRODUZIONE

Partendo dall'analisi di un appartamento residenziale già esistente, ricostruito da me tramite il programma Termo, ho dimostrato come ottenere le portate di ventilazione necessarie e tramite la normativa a definire i parametri dell'ambiente interno.

Ho suddiviso in argomenti e capitoli per meglio procedere con il lavoro e avere un quadro più delineato.

Nel primo capitolo parlo del fabbricato e degli impianti ad esso connesso soffermandomi in particolar modo sulla suddivisione degli spazi dell'appartamento in esame con i relativi locali e superfici annesse.

In seguito, nel secondo capitolo espongo generalmente i fattori inquinanti presenti nell'aria per poi descrivere i tipi di ventilazione esistenti valutandone i vantaggi e gli svantaggi ed i livelli di comfort ottenibili.

Arriviamo al terzo capitolo dove mi soffermo in particolare nella descrizione della normativa.

Prendo principalmente in esame i parametri dell'ambiente interno, i criteri di disagio termico ed i metodi utilizzati per la progettazione delle portate.

In conclusione passo all'applicazione della norma arrivando così, tramite essa, ad ottenere i suddetti parametri che sono necessari nell'ambiente da me analizzato. Ho ricavato le portate di immissione ed estrazione utilizzando i tre metodi predefiniti per l'edilizia residenziale.

In ultimo ho calcolato i fabbisogni considerando la "ventilazione di riferimento" per il fabbisogno termico e la "ventilazione effettiva" nel caso di VMC per i fabbisogni energetici.

CAPITOLO 1

1 DESCRIZIONE GENERALE DELL'EDIFICIO

1.1 FABBRICATO

Il caso di studio riguarda un appartamento di una palazzina residenziale. La destinazione d'uso dell'edificio, in riferimento alle categorie del DPR 412/93 è la E.1(1).

La palazzina è composta da sei unità immobiliari disposti su tre livelli. Gli appartamenti occupano i piani primo, secondo e terzo. Al piano terreno si trovano ingressi e ambienti non climatizzati.

All'ultimo piano si trovano box e spazi non climatizzati.

1.2 IMPIANTI

La palazzina è dotata di impianto di RISCALDAMENTO centralizzato con caldaia a gas. Tale generatore provvede anche alla produzione di ACQUA CALDA SANITARIA. Ciascun appartamento è dotato di impianto di RAFFRESCAMENTO costituito da sistema split ad espansione diretta.

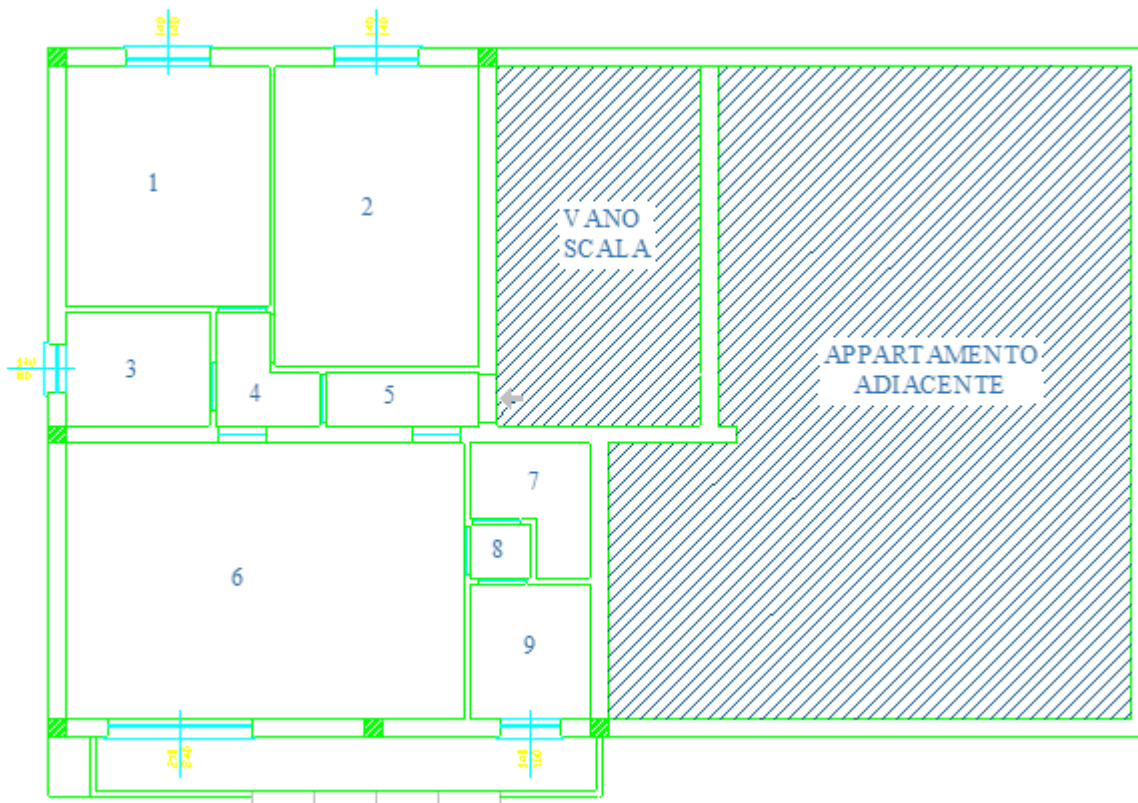
Per quanto riguarda la VENTILAZIONE, ho analizzato sia il caso di ventilazione naturale, sia il caso con ventilazione meccanica controllata (VMC) con l'ausilio di un recuperatore di calore.

1.3 SUDDIVISIONE DEGLI SPAZI DELL'APPARTAMENTO 1A-PRIMO PIANO

Gli spazi relativi all'appartamento 1A considerando la simmetria dell'edificio sono gli stessi dell'appartamento adiacente e di quelli dei piani superiori. La suddivisione è così definita:

SPAZIO	DESCRIZIONE LOCALE	A (m ²)	h (m)	Vnetto (m ³)
1	Stanza 1	13,6	2,7	36,72
2	Stanza 2	17	2,7	45,9
3	Ripostiglio	4,56	2,7	12,31
4	Corridoio	2,48	2,7	6,68
5	Disimpegno	2,3	2,7	6,19
6	Living room	30,59	2,7	82,59
7	Bagno	3,4	2,7	9,18
8	Disimpegno	0,9	2,7	2,43
9	Locale lavanderia	4,5	2,7	12,15
		79,32		214,16

In figura sono numerati gli spazi relativi all'appartamento 1A caso di studio di questa tesi.








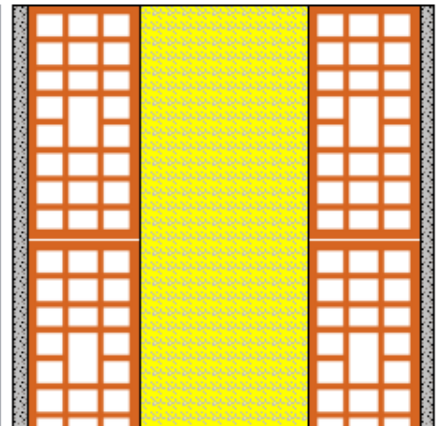
1.4 COMPONENTI STRUTTURALI DEL FABBRICATO

1.4.1 COMPONENTI OPACHI








Nel presente edificio sono individuate le seguenti tipologie di componenti strutturali opachi:

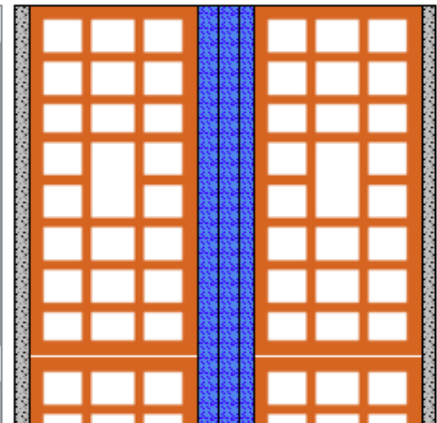
- Parete esterna da 30 cm;

Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	R [m ² K/W]	s [cm]	
Resistenza superficiale interna	0,130		
Intonaco di calce e gesso	0,014	1,0	
Mattoni forati (800 kg/m ³) spessore 80	0,200	8,0	
Polistirene espanso sinterizzato in lastre ricavate da blocchi, confc	3,000	12,0	
Mattoni forati (800 kg/m ³) spessore 80	0,200	8,0	
Intonaco di calce e gesso	0,014	1,0	
Resistenza superficiale esterna	0,040		
Totale:			
	3,599	30,0	






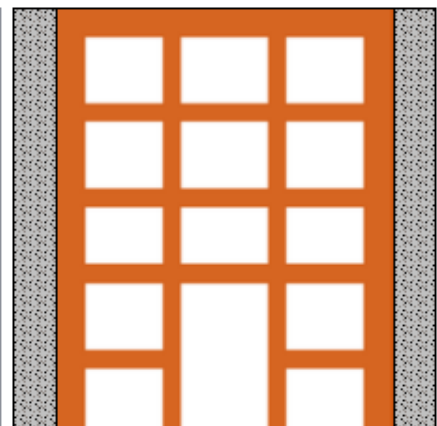
- Parete interna da 30 cm;

Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	R [m ² K/W]	s [cm]	
Resistenza superficiale interna	0,130		
Intonaco di calce e gesso	0,014	1,0	
Mattoni forati (800 kg/m ³) spessore 120	0,310	12,0	
Aria intercapedine flusso ascendente 15 mm	0,163	1,5	
Aria intercapedine flusso ascendente 15 mm	0,163	1,5	
Aria intercapedine flusso ascendente 10 mm	0,150	1,0	
Mattoni forati (800 kg/m ³) spessore 120	0,310	12,0	
Intonaco di calce e gesso	0,014	1,0	
Resistenza superficiale esterna	0,130		
Totale:			
	1,385	30,0	








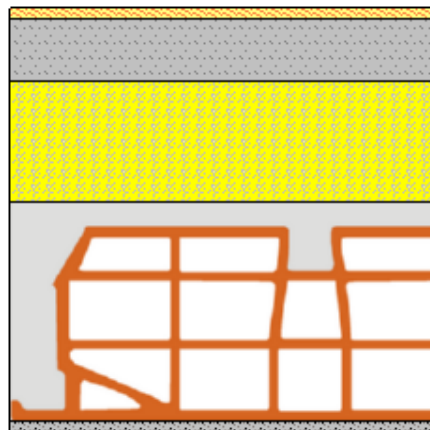
- Parete interna da 10 cm;

Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	R [m ² K/W]	s [cm]	
Resistenza superficiale interna	0,130		
Intonaco di calce e gesso	0,014	1,0	
Mattoni forati (800 kg/m ³) spessore 80	0,200	8,0	
Intonaco di calce e gesso	0,014	1,0	
Resistenza superficiale esterna	0,130		
Totale:			
	0,489	10,0	



- Solaio da 35 cm;

Descrizione (dall'alto verso il basso)	R [m ² K/W]	s [cm]	
Resistenza superficiale interna	0,170		
Piastrelle in ceramica / porcellana	0,008	1,0	
Calcestruzzo (1800 kg/m ³) - Media densità	0,043	5,0	
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi (25 kg/m ³)	2,941	10,0	
Blocco da solaio di laterizio (495*160*250) spessore 180 (181 kg/l)	0,300	18,0	
Intonaco di calce e gesso	0,014	1,0	
Resistenza superficiale esterna	0,170		
Totale:		3,647	35,0



Sono inoltre considerati i seguenti componenti opachi disperdenti:

- Porta d'ingresso dell'appartamento, porte interne all' appartamento
- Cassonetti delle finestre.

La porta di ingresso dell' appartamento e tutte le altre porte presenti nell'edificio sono considerate come superfici disperdenti opache, poiché non vi è la presenza di superfici vetrate.

Si considera la presenza di cassonetti isolati (con spessore di materiale isolante maggiore di 2 cm) al di sopra di tutti i componenti finestrati aventi chiusure oscuranti avvolgibili. La larghezza dei cassonetti è variabile a seconda della tipologia di componente; La larghezza di ciascun cassonetto è uguale a quella del componente finestrato a cui fa riferimento.

1.4.2 COMPONENTI TRASPARENTI

Tutti i componenti finestrati sono costituiti da tripli vetri superficialmente trattati su entrambi i lati, con emissività di 0,05, con gli spessori degli strati pari a 4-6-4-6-4 mm. Le due intercapedini sono riempite con Argon. Per tutti i componenti finestrati si considera un telaio in legno tenero di 70 mm di spessore. I valori delle trasmittanze termiche di vetri e telai sono comprensivi di adduttanze termiche.

Per tutti i componenti finestrati delle zone climatizzate sono presenti chiusure oscuranti avvolgibili in legno senza riempimento in schiuma e di bassa permeabilità dell'aria.

I componenti finestrati delle zone non climatizzate non sono dotati di chiusure oscuranti. I componenti finestrati delle zone non climatizzate non sono dotati di schermature mobili.

1.5 ZONE TERMICHE

Le zone non climatizzate presenti sono tre: il piano terra, il vano scala e l'ultimo piano.

Nel presente edificio il vano scala confina non solo con zone climatizzate, ma anche con le due zone non climatizzate, ovvero il piano terra e l'ultimo piano. In questo esempio di calcolo, le superfici di confine tra due zone non climatizzate sono state considerate adiabatiche, ovvero tali per cui il flusso termico è approssimabile a zero. Le zone climatizzate sono quelle relative ai 6 appartamenti residenziali situati 2 nel primo piano, 2 nel secondo piano e 2 nel terzo piano.

La superficie utile di pavimento di ogni appartamento è pari a 79,32 m². L'altezza netta di zona è di 2,70 m e il volume netto è di 214,16m³.

1.6 DESCRIZIONE GENERALE DEGLI IMPIANTI TECNICI

1.6.1. IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

Nell'edificio in esame è presente un impianto di produzione di riscaldamento centralizzato.

L'impianto di riscaldamento è costituito da:

- Pannelli radianti annegati a pavimento in ciascuna delle sei unità immobiliari;
- Un sistema di regolazione di zona per ciascuna delle sei unità immobiliari;
- Una rete di distribuzione comune da ogni singola unità immobiliare al generatore;
- Un generatore a combustione alimentato a gas (lo stesso del servizio di acqua calda sanitaria);

1.6.2 IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA

Nell'edificio in esame è presente un impianto di produzione di acqua calda sanitaria centralizzato.

L'impianto di produzione di acqua calda sanitaria è costituito da:

- Una distribuzione finale alle utenze (sei unità immobiliari);
- Un anello di ricircolo;
- Un serbatoio di accumulo di acqua calda sanitaria;
- Un impianto solare termico installato sulla copertura della palazzina;
- Un circuito di collegamento tra il serbatoio di accumulo e il generatore;
- Un generatore a combustione alimentato a gas (lo stesso del servizio riscaldamento);

1.7 PORTATE DI VENTILAZIONE

La portata minima di progetto di aria esterna $q_{ve,k,0}$, trattandosi di edificio residenziale, è calcolata con la formula 34 della UNI/TS 11300-1:2014. Nel caso di VENTILAZIONE NATURALE ai fini del calcolo della prestazione termica del fabbricato, il fabbisogno di energia termica utile ideale di riferimento del fabbricato è indipendente dalle modalità con cui è effettuata la ventilazione nell'edificio. Lo scambio termico per ventilazione (formula 8 della UNI/TS 11300-1:2014) è calcolato quindi con la portata di riferimento (punto 12.2 della UNI/TS 11300-1:2014).

Per il presente edificio, trattandosi di un caso di ventilazione per sola aerazione, la portata media giornaliera media mensile $q_{ve,k,mn}$ è pari alla portata minima di progetto di aria esterna $q_{ve,k,0}$ per il fattore di correzione $f_{ve,k,t}$ del prospetto E.2 della UNI/TS 11300-1:2014.

Nel caso di VENTILAZIONE MECCANICA viene considerata la ventilazione effettiva (punto 12.3.2 della UNI/TS 11300-1:2014) per quanto riguarda la prestazione energetica dell'appartamento e dell'edificio in generale nel caso in cui sia presente l'impianto di ventilazione.

La portata giornaliera media mensile $q_{ve,k,mn}$ è data dalla formula (37) della UNI/TS 11300-1:2014

Nelle condizioni effettive, cioè quando si prende in considerazione la modalità di ventilazione effettivamente esistente o definita nel progetto, la portata mediata sul tempo del flusso d'aria k -esimo nelle condizioni effettive, $q_{ve,k,mn}$ si calcola in funzione della tipologia di ventilazione considerata.

CAPITOLO 2

2. VENTILAZIONE, QUALITÀ DELL'ARIA E COMFORT ABITATIVO

2.1 GLI INQUINANTI NELL'ARIA

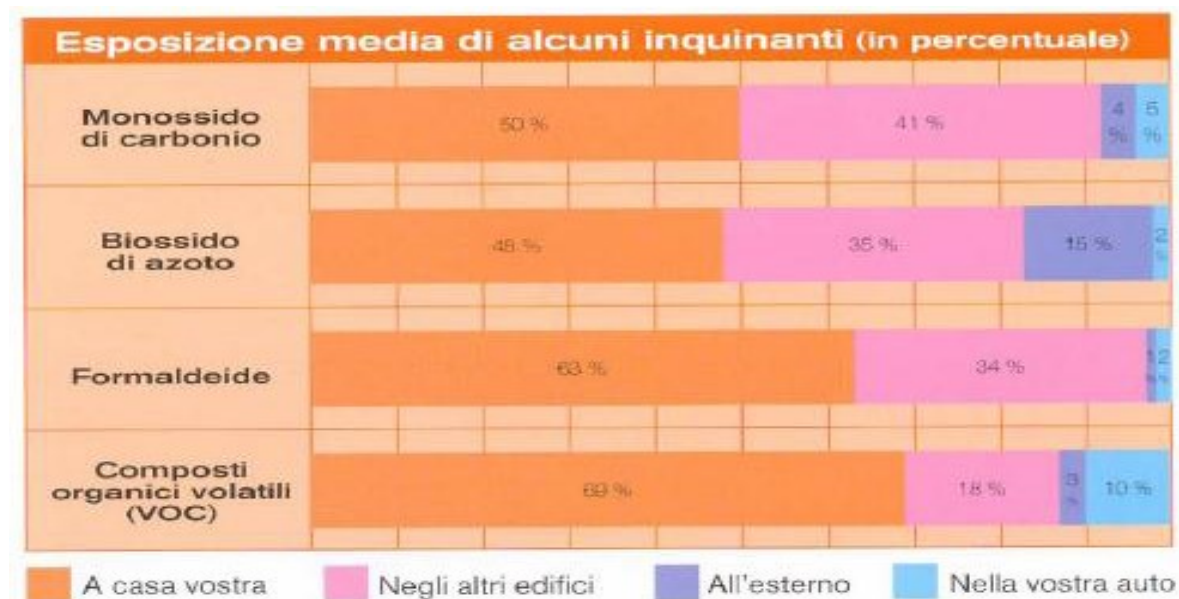
Una corretta distribuzione di aria fresca e pulita all'interno dell'abitazione è una condizione necessaria per un ambiente domestico salubre e una migliore qualità della vita. Respirare aria umida e viziata infatti è nocivo non solo per la salute e il benessere, ma anche per l'abitazione stessa.

Per ottenere una qualità dell'aria ottimale è necessario un continuo ricambio di quest'ultima e il regolare filtraggio di inquinanti, pollini e polveri provenienti dall'esterno. Aprire regolarmente le finestre non è sempre garanzia di un corretto ricambio d'aria, perché non vi è certezza che l'aria proveniente dall'esterno non sia altrettanto inquinata.

Soprattutto nelle moderne costruzioni a basso consumo energetico altamente isolate, il ricambio d'aria risulta difficile. Una casa ermetica infatti ridurrà certamente il bisogno di energia, con una conseguente riduzione dei costi e un innegabile beneficio per l'ambiente ma le portate d'aria non essendoci infiltrazioni significative potrebbero non essere sufficienti.

La ventilazione serve a ricambiare l'aria per espellere:

- L'umidità generata nell'ambiente
- La CO₂ emessa dalle persone
- Altri gas e vapori immessi nell'ambiente



Come si può notare dal grafico la ventilazione risulta di fondamentale importanza poiché il più delle volte l'inquinamento interno risulta maggiore di quello esterno.

Tra i principali inquinanti indoor abbiamo:

- VOC (composti organici volatili): benzene, toluene, formaldeide, composti ossigenati
- Gas prodotti dalla combustione
- Batteri, muffe ed altri organismi
- Derivati organici di animali e dell'uomo
- Amianto e fibre minerali
- Radon
- Fumo di sigaretta

Di conseguenza occorre ventilare per diluire e rimuovere gli inquinanti indoor garantendo una qualità dell'aria adeguata per l'attività metabolica degli occupanti.

Inoltre bisogna mostrare particolare attenzione al controllo dell'umidità interna in modo da evitare la formazione di condense e successivamente muffe.

Ciò nonostante una significativa quota delle sostanze è introdotta per mezzo degli stessi sistemi di ventilazione poiché nei canali spesso transitano polveri, microrganismi, insetti, residui organici di vario tipo che, uniti all'umidità dell'aria, si annidano nei filtri dove si sviluppano funghi e batteri.

L'aria che attraversa i filtri per poi essere distribuita in ambiente dà luogo a condizioni di malessere, anche se tutti i parametri termo igrometrici e di ventilazione assumono i valori ottimali.

Per ambienti ad uso prevalentemente residenziale la qualità dell'aria interna è considerata accettabile quando in essa non sono presenti inquinanti in concentrazioni dannose, secondo quanto stabilito dalle autorità competenti e quando una notevole percentuale di persone ($\geq 80\%$) non esprime insoddisfazione verso di essa.

In generale, l'aria deve essere percepita fresca e confortevole dagli occupanti, in modo da rendere minima la percentuale di insoddisfatti, e soprattutto devono essere trascurabili i rischi per la salute che derivano dalla sua respirazione.

Nell'edilizia residenziale ci sono 3 tipi di ventilazioni: Ventilazione Naturale, Ventilazione Meccanica (controllata) e Ventilazione Ibrida.

2.2 VENTILAZIONE NATURALE

La ventilazione naturale avviene per differenze di temperature e pressione tra interno ed esterno, ma anche tra diversi punti di ambienti interni, così come dipende anche dall'azione del vento sull'edificio. Ci sono alcuni parametri utili alla descrizione e alla valutazione della ventilazione naturale. La prima grandezza da considerare è il rapporto aerante (RA), definito come il rapporto tra la superficie apribile delle finestre e la superficie in pianta dell'ambiente su cui esse insistono. Il secondo parametro da prendere in considerazione è quello dei ricambi orari (N) ossia il rapporto tra il volume dello spazio e il volume d'aria rinnovato in un'ora all'interno del medesimo spazio (m³/h).

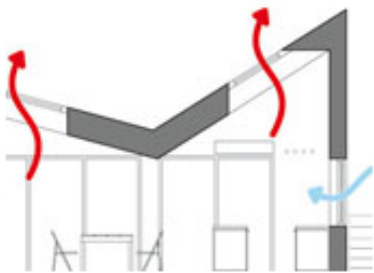
I ricambi d'aria si distinguono in:

Continui: se ottenuti attraverso la permeabilità degli infissi e attraverso le prese d'aria esterne;

Discontinui: se avvengono con il controllo da parte dell'utente, ad esempio, tramite l'apertura delle finestre.

I sistemi di ventilazione naturale residenziale utilizzano l'effetto camino e l'intensità del vento per guidare il flusso d'aria di ventilazione all'interno dell'edificio.

La pressione utilizza il principio dell'effetto camino: l'aria calda, più leggera di quella fredda, tende a salire richiamando altra aria fredda. Le differenze di temperatura dei diversi locali dell'abitazione determinano una ventilazione che permette di ricambiare l'aria.



La depressione sfrutta l'effetto del vento: quando un edificio è investito dal vento, la parete direttamente esposta è soggetta a una forte pressione, mentre la parete situata dal lato opposto, (sottovento) è interessata da una depressione. La differenza di pressione tra le due facciate è sufficiente a creare una ventilazione naturale degli ambienti.

I componenti tipici dell'ingresso sono le griglie delle facciate, le griglie delle finestre, le bocchette di ventilazione delle finestre sul tetto e le prese d'aria. Il sistema è in genere progettato per consentire l'ingresso dell'aria nei salotti e nelle camere da letto e per estrarre l'aria da cucine, servizi igienici e bagni.

2.3 AERAZIONE

Poiché l'aerazione è il ricambio d'aria azionando manualmente finestre o altre aperture, è necessario osservare che non può essere considerato un sistema di ventilazione.

Se prima gli edifici erano costituiti da numerose fughe, infiltrazioni attraverso i serramenti e di conseguenza alti consumi per il riscaldamento al giorno d'oggi le costruzioni risultano ermetiche e non permeabili all'aria esterna non dando quindi la possibilità di avere un rinnovo sufficiente per infiltrazione.

L'apertura manuale di finestre fa sì che la qualità dell'aria interna non risulta controllabile da parte dall'utente portando numerosi svantaggi tra cui:

- Perdita di energia nella stagione fredda
- Ingresso di aria troppo calda in estate o troppo fredda in inverno
- Mancanza di controllo sulla quantità dell'aria di rinnovo (possibilità di inquinanti)
- Possibile aumento della rumorosità in ambiente
- Possibile fastidio causato da correnti d'aria

2.4 VENTILAZIONE MECCANICA

Quando non è possibile sfruttare la ventilazione naturale o quando è necessario controllare i ricambi dell'aria con l'esterno (es. ambienti di lavoro particolari) l'aria viene messa in movimento meccanicamente. In questo tipo di ventilazione la movimentazione dell'aria avviene attraverso dei ventilatori che immettono ed estraggono l'aria regolandone opportunamente la portata.

Gli impianti di ventilazione meccanica sono impianti che consentono di gestire il ricambio dell'aria di un ambiente con l'esterno.

Questo avviene senza l'apertura di finestre o porte, tramite condotte di ventilazione forzata, collegate con gli ambienti interni in modo da poter rimuovere l'aria viziata o inquinata attraverso griglie di aspirazione ed immettere aria nuova tramite dei diffusori.

La ventilazione meccanica può essere un sistema completamente indipendente oppure integrata nell'impianto di condizionamento.

Diversi sono i vantaggi tra cui:

- comfort migliore;
- tutela della salute umana;
- tutela del manufatto edilizio;
- ottimizzazione dei consumi energetici;
- possibilità di filtrazione dell'aria.

La ventilazione meccanica controllata (VMC) inoltre garantisce portate d'aria di immissione/estrazione in quantità prestabilite, possibilità di variare tali portate dell'aria in funzione delle condizioni ambiente (aumento o diminuzione dell'umidità ambiente, presenza o meno delle persone) e possibilità di recupero di calore sull'aria espulsa tramite scambiatori di calore.

Il sistema di ventilazione per quanto riguarda la modalità di controllo può essere di diverso tipo:

- SISTEMI A PORTATA FISSA in cui la portata è costante per tutta la giornata (24/24). La minima ventilazione imposta per legge è di 0,5 vol/h.

Ci sono inoltre sistemi a portata fissa in cui può essere presente un recuperatore di calore.

- SISTEMI A PORTATA VARIABILE vengono utilizzati quando non si vuole un afflusso continuo di aria ma solo in determinate condizioni. Questo tipo di controllo avviene sulla base di parametri specifici come per esempio la quantità di CO₂ nell'ambiente oppure in base all'umidità relativa (igroregolabile).

Le tipologie di flusso sono sostanzialmente due:

2.4.1 SEMPLICE FLUSSO

Prevede l'estrazione meccanica dell'aria viziata mentre l'afflusso dell'aria esterna avviene attraverso bocchette munite di dispositivi di autoregolazione della portata.

Questo tipo di sistema è costituito da un piccolo elettroventilatore di estrazione dell'aria collegato mediante condotti rigidi e/o flessibili a griglie di estrazione collocate nei locali di servizio (cucina e bagni).

L'afflusso di aria esterna avviene mediante bocchette, disposte sulle pareti esterne o sui serramenti delle stanze "principali" (soggiorno e camere), munite di dispositivi di autoregolazione della portata o di dispositivi sensibili all'umidità relativa dell'ambiente.

Per l'installazione condominiale centralizzata si installa un unico ventilatore (nel sottotetto o in esterno) da cui si dirama una serie di canali che collega le colonne montanti.

(ESEMPIO ABITAZIONE CONDOMINIALE)



1)INGRESSO ARIA 2) GRUPPO ESTRAZIONI 3) CONDOTTI 4)USCITA A TETTO

I sistemi a semplice flusso possono essere a seconda della progettazione scelta:

AUTOREGOLABILI

È il sistema più semplice per garantire una ventilazione costante degli ambienti.

La portata è predefinita in sede di dimensionamento dell'impianto e garantita dall'installazione di bocchette di estrazione e di ingressi aria regolabili che mantengono costante la portata dell'aria secondo i parametri di progetto.

IGROREGOLABILI

Consente la regolazione automatica delle portate in funzione dell'umidità presente nell'ambiente. Le bocchette di estrazione sono provviste di una treccia in tessuto reattivo all'umidità che modifica la sezione di passaggio dell'aria, all'interno di un campo di funzionamento predeterminato. Le bocchette d'ingresso possono essere sia autoregolabili, che igroregolabili. Nel primo caso il volume di aria immesso è regolato dalla depressione interna creata dal ventilatore e dalla portata massima su cui è tarata la bocchetta; nel secondo caso è la stessa bocchetta d'ingresso aria igroregolabile a modificare la propria pervietà in ragione dell'umidità registrata, in modo analogo a quello delle bocchette d'estrazione. Quest'ultima tecnologia consente, nei mesi intermedi ed invernali, di mantenere costantemente l'umidità relativa nel campo di norma, con un ulteriore risparmio energetico rispetto alla soluzione autoregolabile.

Sostanzialmente un sistema a semplice flusso presenta diversi vantaggi:

- Controllo della portata d'aria
- Possibilità di integrazione con la ventilazione naturale
- Indipendenza da fattori meteorologici incostanti o comportamenti casuali degli occupanti
- Adattabilità alle condizioni climatiche stagionali
- Limitazione della rumorosità in ambiente
- Controllo della velocità dell'aria in ambiente

Tra gli svantaggi:

- Costo dell'impianto e della conduzione dello stesso
- Impossibilità di controllo sulla qualità dell'aria di rinnovo
- Perdita di energia nella stagione fredda
- Ingresso di aria troppo calda in estate

2.4.2 DOPPIO FLUSSO

Il sistema prevede l'estrazione meccanica dell'aria viziata e la contemporanea immissione dell'aria di rinnovo che può essere preventivamente filtrata e/o preriscaldata prima di essere immessa.

L'estrazione avviene come descritto per un impianto a semplice flusso. Anche l'immissione è realizzata tramite canalizzazioni e bocchette in un circuito separato dal precedente. L'aria di rinnovo viene spinta da un ventilatore lungo la canalizzazione e viene distribuita in ambiente da diffusori.

I flussi d'aria immessa ed estratta sono coordinati da un sistema di regolazione.

In sistemi più complessi è possibile trattare l'aria di rinnovo prima di immetterla nell'ambiente ossia filtrarla, riscaldarla o raffreddarla, umidificarla o deumidificarla.

Con sistemi a doppio flusso infine è possibile anche il recupero energetico dell'aria di espulsione attraverso i recuperatori di calore.

Tra i vantaggi oltre a quelli già sottolineati per impianti a semplice flusso vi è quindi la possibilità di avere un controllo della qualità dell'aria e appunto abbinare un recuperatore di calore che permette di ottenere notevoli risparmi dal punto di vista energetico.

Va altresì considerato che sia l'impianto che la conduzione dello stesso comporta un costo non indifferente.



(Immissione)



(Ripresa)

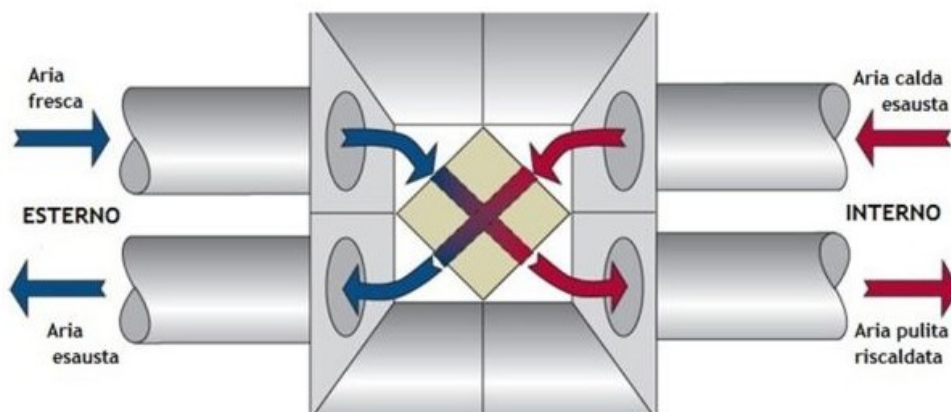
(ESEMPIO DI BOCCHETTE)

2.4.3 COSTI DELLA VENTILAZIONE E RECUPERATORE DI CALORE

La ventilazione comporta inevitabilmente dei costi: il primo è quello termico necessario per portare l'aria che entra nelle condizioni interne necessarie e quindi attraverso un trattamento dell'aria. Solitamente è compreso nel fabbisogno di riscaldamento o raffrescamento come quelli di umidificazione e deumidificazione.

Il secondo è quello meccanico di trasporto e movimentazione dell'aria che entra ed esce dall'unità immobiliare. Questo tipo di costo è presente solo in caso di ventilazione meccanica ossia solo in presenza di ventilatori che hanno consumi elettrici anche di un certo peso. Diversamente nel caso di ventilazione naturale non vi è alcun costo sotto questo punto di vista.

Per ovviare a questi consumi si utilizzano come precedentemente accennato dei recuperatori di calore. Esso è un dispositivo che è in grado di massimizzare lo scambio termico tra i flussi di aria in entrata e in uscita. In molti impianti a flusso singolo esistenti, essendo il flusso di aria entrante indipendente da quello uscente, si perdono grandi quantità di calore potenzialmente recuperabili.



Negli impianti a doppio flusso, invece, è generalmente integrato un sistema di recupero del calore, sia nel caso di impianto individuale che centralizzato, posizionando ad esempio i recuperatori di calore in copertura o all'interno dell'unità abitativa. E' possibile recuperare parte dell'energia termica posseduta dalla portata di aria in uscita a favore della portata in entrata.

Ad esempio, in inverno, il calore ceduto dal flusso di aria prelevato dagli ambienti, può essere utilizzato per riscaldare l'aria fredda entrante, riducendo il fabbisogno energetico richiesto dalla macchina per trattare l'aria in ingresso.

CAPITOLO 3

3. LA NUOVA NORMATIVA

3.1. INTRODUZIONE

Per la progettazione e il dimensionamento di sistemi tecnici i parametri di riscaldamento, raffreddamento, ventilazione e illuminazione e i loro criteri vengono specificati e documentati.

Per prima cosa vengono definite le categorie di qualità ambientale interna che ne determinano i livelli di aspettativa che gli occupanti possono avere.

Sostanzialmente la suddivisione è in 4 categorie con livello di aspettativa ALTO per la prima, MEDIO per la seconda, MODERATO per la terza e BASSO per la quarta.

Un livello normale può essere quello medio. Un livello più alto invece è da considerare per occupanti con bisogni particolari come bambini o anziani. Un livello più basso invece non reca alcun problema dal punto di vista della salute ma potrebbe ridurre anche in maniera significativa il comfort.

3.2 AMBIENTE TERMICO

I criteri per l'ambiente termico negli edifici riscaldati e/o raffreddati meccanicamente devono basarsi sugli indici di comfort termico PMV-PPD.

Il PMV ovvero Voto Medio Previsto, è un indice di valutazione dello stato di benessere di un individuo e tiene conto delle variabili soggettive e ambientali; si tratta di una funzione matematica che dà come risultato un valore numerico su una scala con range -3 (indice di sensazione di troppo freddo) a +3 (indice di sensazione di troppo caldo), dove lo zero rappresenta lo stato di benessere termico. Essendo un indice medio riferito ad un gruppo di individui, il raggiungimento del PMV pari a zero non significa che l'intero gruppo ha raggiunto le condizioni di benessere.

Il PPD, esprime la percentuale di persone insoddisfatte in un determinato ambiente. Un livello di aspettativa alto come la categoria I avrà certamente una percentuale di persone insoddisfatte minore rispetto a tutte le altre.

Altri fattori importanti da tener conto all'interno dell'ambiente termico sono i "clo" che indicano il livello di isolamento termico degli indumenti sia per l'inverno (1 clo) che per l'estate (0,5 clo) e il valore "met" che indica il livello di attività che viene svolta all'interno dell'ambiente considerato.

Sulla base dei criteri selezionati è stabilito un intervallo di temperatura operativa di progetto corrispondente che varia a seconda della categoria e dal tipo di edificio/spazio.

Nella progettazione di edifici e sistemi HVAC sono presi in considerazione anche i criteri di disagio termico locale come tiraggio, asimmetria della temperatura radiante, differenze di temperatura dell'aria verticale e temperature della superficie del pavimento.

3.2.1 IL TIRAGGIO

Il tiraggio è un raffreddamento locale indesiderato del corpo causato dal movimento dell'aria. Il disagio dovuto può essere espresso come percentuale di persone che si prevede siano disturbate dal tiraggio. Questo tipo di problema può essere dovuto alle elevate velocità dell'aria dovute all'apertura di finestre, sistemi di ventilazione e di condizionamento dell'aria ma anche da differenti temperature dell'aria verticale. La valutazione del tiraggio (DR) ovvero la percentuale di persone insoddisfatte è funzione della temperatura e della velocità dell'aria all'interno del locale considerato.

3.2.2 DIFFERENZA DI TEMPERATURA DELL'ARIA VERTICALE

Un'elevata differenza di temperatura dell'aria verticale tra testa e caviglie può causare disagio. Questi limiti sono importanti quando si progetta un sistema di ventilazione.

3.2.3 TEMPERATURE DELLA SUPERFICIE DEI PAVIMENTI

Altro criterio termico da prendere in considerazione è se il pavimento è troppo caldo o troppo freddo. L'inconveniente è quella di creare disagio tra gli occupanti. Per le persone che indossano scarpe da interno leggera, è la temperatura del pavimento ad influire sul comfort.

3.2.4 ASIMMETRIA DELLA TEMPERATURA RADIANTE

L'asimmetria radiante può anche causare disagio. Le persone sono più sensibili all'asimmetria radiante causata da soffitti caldi o pareti fresche (finestre).

3.3 PROGETTAZIONE PER LA QUALITA' DELL'ARIA INTERNA

3.3.1 PUNTI CHIAVE IAQ

Per una corretta qualità dell'aria bisogna tenere in considerazione 3 aspetti fondamentalmente:

Per prima cosa il controllo della sorgente, limitando le emissioni di inquinanti non umani. Questa risulta essere la strategia principale per mantenere una qualità dell'aria accettabile.

Di particolare importanza è quindi identificare le principali fonti di inquinanti e di eliminarle o ridurle mediante ventilazione.

Proprio la ventilazione è il secondo aspetto necessario per garantire una qualità dell'aria accettabile.

Vanno progettate le portate, in base al tipo di sistema di ventilazione, all'interno dell'ambiente considerato.

Ultimo aspetto è quello di considerare la posizione delle prese d'aria esterne, la filtrazione e la pulizia dell'aria.

La quantità di inquinanti presenti nell'aria (pollini, muffe, spore, particelle, polvere) vanno ridotte dalle prese d'aria esterne facendo passare l'aria attraverso un filtro. Inoltre è necessario anche ridurre la concentrazione di odori e contaminanti gassosi.

I danni alla costruzione devono essere valutati per verificare se la velocità di ventilazione richiesta per la qualità dell'aria interna è sufficientemente elevata da evitare danni alla condensa sulle superfici, nei materiali o nella struttura.

3.3.2 DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO

La documentazione di progettazione deve contenere:

- quale metodo di progettazione e se applicabile quale IEQ cat è utilizzato per la progettazione;
- quali fonti di inquinanti sono stati identificati e quali processi sono stati utilizzati per eliminare o ridurre tali fonti;
- quale metodo è stato utilizzato per ricavare le portate d'aria di ventilazione specifiche del progetto e i programmi di occupazione applicati;
- portate di progetto e intervallo di controllo della ventilazione in l/s per m² e l/s per occupante.

3.4 METODI

I parametri di progettazione per la qualità dell'aria interna devono essere derivati utilizzando uno o più dei seguenti metodi:

- Metodo 1: metodo basato sulla qualità dell'aria percepita;
- Metodo 2: metodo che utilizza valori limite per la concentrazione della sostanza;
- Metodo 3: metodo basato su portate di flusso d'aria di ventilazione predefinite.

Per ognuno di questi metodi il progettista sceglie il livello di qualità ambientale che vuole avere oltre che la categoria di edificio relativa al livello di inquinamento interno.

3.4.1 METODO 1 BASATO SULLA QUALITÀ DELL'ARIA PERCEPITA

Questo metodo viene utilizzato per calcolare la portata di ventilazione totale per la zona di respirazione combinando la ventilazione per le persone e quella per l'edificio attraverso la seguente formula:

$$q_{tot} = n \times q_p + AR \times q_B$$

dove:

q_{tot} = portata di ventilazione totale per la zona di respirazione l/s

n = valore di progetto per il numero di persone nella stanza

q_p = portata di ventilazione per occupazione per persona l/s (per persona)

AR = superficie del pavimento, m²

q_B = portata di ventilazione per le emissioni dall'edificio l/s (per m²)

I livelli di qualità dell'aria percepiti sono definiti di default per le persone non adattate negli edifici non residenziali e le persone adattate negli edifici residenziali.

Negli edifici non residenziali, nel caso si voglia considerare persone adattate vanno debitamente giustificate.

Le persone adattate sono quelle che non necessitano di un confort eccessivo ed i valori predefiniti delle portate q_p e q_B risultano minori rispetto a quelli necessari per persone non adattate.

Questi valori comunque variano a seconda della categoria di qualità dell'aria interna considerata.

3.4.2 METODO 2 BASATO SULLA CONCENTRAZIONE DELLE SOSTANZE INQUINANTI

La portata di ventilazione di progetto richiesto per diluire una singola sostanza viene calcolata con la seguente formula :

$$Q_h = [G_h / (C_{h,i} - C_{h,o})] * (1 / \epsilon_v)$$

dove

Q_h è la portata di ventilazione richiesta per la diluizione, in m³ al secondo;

G_h è il carico inquinante della sostanza, in microgrammi al secondo;

$C_{h,i}$ è la concentrazione interna della sostanza, in microgrammi per m³;

$C_{h,o}$ è la concentrazione della sostanza dell'aria di mandata, in microgrammi per m³;

ϵ_v è l'efficacia di ventilazione.

Questa formula si applica nelle condizioni di stato stazionario e il metodo richiede che la concentrazione della sostanza dell'aria di mandata sia inferiore alla concentrazione interna.

Per calcolare la portata del flusso d'aria di ventilazione di progetto, si identifica l'inquinante più critico o rilevante (o gruppo di inquinanti) e si deve stimare il carico di inquinamento nello spazio.

Quando si utilizza questo metodo, la CO₂ che rappresenta l'emissione di inquinanti da parte delle persone deve essere utilizzata come una delle sostanze.

Le velocità di emissione e le concentrazioni esterne per le sostanze considerate devono essere definite sulla base di prove o certificazioni dei materiali.

3.4.3 METODO 3 BASATO SU PORTATE DI VENTILAZIONE PREDEFINITE

Questo è un metodo per determinare la portata minima di ventilazione stimata per soddisfare i requisiti sia per la qualità dell'aria percepita che per la salute nella zona occupata.

Può essere espresso da uno o più dei seguenti parametri:

- Ricambi d'aria di progetto (ach)
- portate di progetto totali per persone e componenti edili (qtot)
- portate di progetto per unità di superficie oppure per tipo di locale (qroom)

3.5 UMIDITA'

L'umidità rappresenta il vapore acqueo normalmente presente nell'aria, a causa delle normali attività vitali umane a cui, negli ambienti chiusi, si deve sommare quello prodotto dai vari impianti e attrezzature.

A ogni differente temperatura dell'aria presente nei locali corrisponde una differente quantità di vapore acqueo che, a contatto con un elemento del fabbricato a quella data temperatura potrà essere assorbito o cambiare di stato da vapore a liquido. I criteri di umidità dipendono in parte dai requisiti di comfort termico e qualità dell'aria interna e in parte dai requisiti fisici dell'edificio (condensa, crescita di muffe ecc.).

L'umidificazione o la deumidificazione dell'aria all'interno dell'ambiente di solito non sono necessarie ma, se utilizzati, si devono evitare l'eccessiva umidificazione e la deumidificazione.

In generale una temperatura elevata può far contenere all'aria più vapore acqueo rispetto allo stesso volume d'aria ad una temperatura più bassa.

In linea di massima è bene mantenere l'umidità relativa all'interno dei locali al di sotto del 65-70%.

3.6 ILLUMINAZIONE

Per consentire alle persone di svolgere compiti visivi in modo efficiente e preciso, deve essere fornita un'illuminazione adeguata.

I criteri di illuminazione devono essere selezionati in base ai compiti e alle attività intrapresi e devono fornire condizioni confortevoli per gli occupanti. I livelli di illuminamento del progetto devono essere ottenuti mediante luce diurna, luce elettrica o una combinazione di entrambi. Il design della finestra non deve causare disagio visivo a causa di abbagliamenti o perdita di privacy. Nel calcolo del fabbisogno energetico negli edifici non residenziali per il riscaldamento e il raffreddamento si deve tener conto del carico termico derivante dai sistemi di illuminazione. Le finestre dovrebbero essere la principale fonte di luce durante le ore diurne e forniscono anche un contatto visivo con l'ambiente esterno. Per motivi di comfort ed energia nella maggior parte dei casi è preferito l'uso della luce del giorno. Questo dipende da fattori come le ore di occupazione, l'autonomia (parte del tempo di occupazione durante la quale c'è abbastanza luce diurna), la posizione dell'edificio (latitudine) e la quantità di ore di luce diurna durante l'estate e l'inverno.

3.7 RUMORE

Per la progettazione di sistemi di ventilazione, riscaldamento e raffreddamento, devono essere specificati i livelli sonori richiesti.

I valori predefiniti sono elencati in un apposita tabella della norma e si basano solo sul rumore dovuto alle attrezzature di servizio dell'edificio e non sul rumore esterno.

Questi rumori potrebbero disturbare gli occupanti andando ad influire sull'utilizzo dello spazio nel quale avviene.

Il rumore in uno spazio deve essere valutato usando un livello di pressione sonora equivalente ponderato, normalizzato rispetto al tempo di riverbero ($L_{Aeq,nT}$) per tener conto dell'assorbimento acustico della stanza. Il valore considerato dipende dal tipo di destinazione d'uso e di spazio nonché dal livello di qualità ambientale richiesto.

I valori raccomandati possono essere superati per un breve periodo se gli occupanti possono controllare il funzionamento dell'attrezzatura o delle finestre, questo aumento può ritenersi accettato purché il limite di superamento sia compreso tra (5 e 10)dB [A].

La ventilazione non deve basarsi principalmente sull'apertura di finestre se l'edificio si trova in un'area con un livello di rumore esterno elevato rispetto al livello da raggiungere nello spazio all'interno dell'edificio.

CAPITOLO 4

4. APPLICAZIONE DELLA NORMA AL CASO DI STUDIO

4.1 GENERALE

Attraverso l'utilizzo del programma Namirial Termo ho costruito la mia unità immobiliare.

Lo scopo è stato quello di andare ad analizzare la ventilazione e di conseguenza la distribuzione necessaria per un corretto ricambio dell'aria all'interno dell'unità abitativa.

Inizialmente ho analizzato il caso di ventilazione naturale per poi passare al caso più complesso di ventilazione meccanica.

Per finire ho calcolato i fabbisogni relativi al riscaldamento considerando la "ventilazione di riferimento" nel caso di ventilazione naturale e di "ventilazione effettiva" nel caso di VMC.

4.2 PARAMETRI DELL'AMBIENTE INTERNO

4.2.1 PERCENTUALE PERSONE INSODDISFATTE

Per la progettazione e la valutazione energetica dell'edificio che viene riscaldato e raffreddato meccanicamente in base alla categoria di ambiente termico la percentuale di persone insoddisfatte deve essere:

<6% per la categoria I

<10% per la categoria II

<15% per la categoria III

4.2.2 TEMPERATURA OPERATIVA

Di particolare importanza risultano essere i valori di progetto per la temperatura operativa interna negli edifici con sistemi di riscaldamento in funzione durante la stagione invernale e sistemi di raffreddamento meccanico durante la stagione estiva.

Insieme alle temperature viene indicato anche il livello di isolamento termico per abbigliamento presunto per l'inverno e l'estate (valore clo) e il livello di attività (valore met).

Edificio	Tipo di spazio	Categoria	Temperatura operativa °C	
			Minimo per riscaldamento (stagione invernale) 1 Clo	Massimo per raffreddamento (stagione estiva) 0,5 Clo
Edifici residenziali	soggiorno, camera da letto, cucina (1,2met)	I	21-23	23,5-25,5
		II	20-24	23-26
		III	18-24	22-27
	Lavanderie, depositi (1,5 met)	I	18-20	22-24
		II	16-22	21-25
		III	15-23	20-26

I valori devono essere letti come valori di temperatura minima e massima che il sistema di controllo deve utilizzare per avviare/arrestare in modalità di riscaldamento o per arrestare/avviare in modalità di raffreddamento il sistema di emissione ambientale.

4.3 VENTILAZIONE DI RIFERIMENTO E VENTILAZIONE EFFETTIVA

Nella valutazione sul progetto e nella valutazione standard, si distingue tra:

- calcolo della prestazione termica del fabbricato.
- calcolo della prestazione energetica dell'edificio.

Nel primo caso, indipendentemente dalla eventuale presenza di un impianto di ventilazione meccanica, si fa convenzionalmente riferimento alla semplice aerazione naturale in condizioni standard (ventilazione di "riferimento").

Nel secondo caso si considera la ventilazione effettiva e l'eventuale presenza dell'impianto di ventilazione meccanica (ventilazione "effettiva").

Nel caso in cui non vi sia alcun impianto di ventilazione, la ventilazione "effettiva" coincide con la ventilazione di "riferimento".

4.4 CASO 1: VENTILAZIONE NATURALE

Il primo caso che sono andato ad analizzare è stato quello con ventilazione naturale.

Come da normativa per il caso di edificio residenziale ho imposto un ricambio d'aria di 0,5 vol/h per ogni locale.

Trattandosi di ventilazione naturale per il calcolo della portata minima di progetto di aria esterna ho fatto riferimento alla formula (34) della UNI-TS 11300. $q_{ve,0}$, è espressa come:

$$q_{ve,0} = n \times V/3600$$

dove n è il tasso di ricambio d'aria, espresso in h^{-1} ; V è il volume netto della zona termica considerata, espresso in m^3 , comprensivo di cucina, bagno, corridoi e locali di servizio.

Questa equazione è applicata per determinare le portate d'aria anche per i locali di estrazione, in questo caso il bagno e il locale lavanderia.

Il passaggio successivo è stato quello di calcolare la portata media giornaliera media mensile ($q_{ve,k,mn}$) che è espressa dalla seguente formula:


$$q_{ve,k,mn} = q_{ve,0,k} \times f_{ve,t,k}$$

dove:

$q_{ve,0,k}$ è la portata minima di progetto di aria esterna, espressa in m^3/h ;

$f_{ve,t,k}$ è il fattore di correzione che rappresenta la frazione di tempo in cui si attua il flusso d'aria k -esimo e che tiene conto dell'effettivo profilo di utilizzo e delle infiltrazioni che si hanno quando non si opera l'areazione.

I calcoli effettuati tramite il programma con tasso di ricambio d'aria fissato a 0,5 vol/h e con fattore di correzione $f_{ve,t}$ pari a 0,6 (residenza a carattere continuativo) sono di seguito riportati:

Classificazione	E.1 (1)	<input checked="" type="checkbox"/> Tasso di ricambio d'aria fissato
Area	79,320	m ²
Volume	210,198	m ³
n	0,500	vol/h
q _{ve,0}	105,099	m ³ /h
Fattore di correzione $f_{ve,t}$	0,60	
q _{ve,mn}	63,059	m ³ /h

4.4.1 AREE DI APERTURA

L'allegato nazionale fornisce una metodologia per la definizione delle aree di apertura predefinite per i sistemi di ventilazione naturale nelle abitazioni.

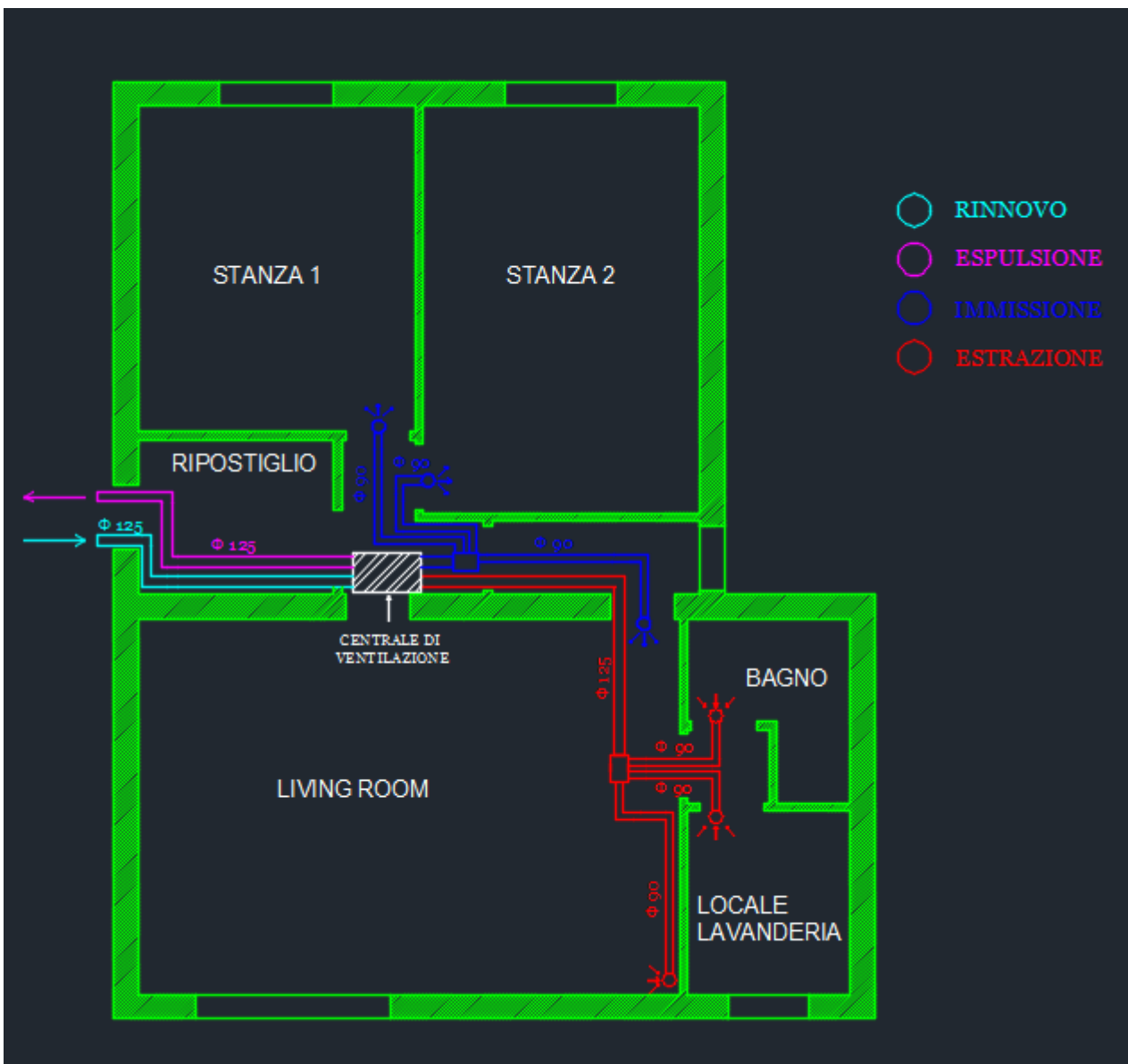
L'aerazione è realizzata mediante cappa a tiraggio naturale e può essere posizionata a qualsiasi quota rispetto al pavimento.

La sezione netta deve essere almeno di 100 cm² per le griglie di estrazione poste nel bagno, nel locale lavanderia e nella cucina e di almeno 60 cm² per le zone di immissione ossia camere e living room.

4.5 CASO 2: VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

In questo caso ho adottato un sistema di ventilazione meccanica controllata a doppio flusso con recuperatore di calore. La scelta di questo tipo di sistema va compiuta per tenere sotto controllo gli inquinanti interni ed in particolar modo il vapore acqueo che influisce sulla generazione di condense e muffe. Lo scopo principale è quello di riuscire a progettare cercando di avere un consumo energetico quanto più basso possibile.

Di seguito è riportata la pianta con i flussi di immissione negli ambienti dove sono svolte prevalentemente attività come soggiornare, lavorare e dormire ed i flussi di estrazione nei locali dove avviene maggiore produzione di vapore acqueo, CO₂ e odori in generale tra cui cucina, bagno e locale lavanderia.



4.5.1 IMPIANTO DI VENTILAZIONE

Il sistema, posto nel disimpegno, è costituito da una centrale di ventilazione posta in controsoffitto con struttura autoportante in lamiera e isolamento termoacustico in polietilene espanso spessore 10 mm.

Sono presenti 4 raccordi aeraulici Ø125 da cui partono i condotti di collegamento alla centrale.



Questi, sono collegati in un verso a dei plenum di distribuzione da cui partono i canali di immissione ed estrazione Ø90 fino ad arrivare alle bocchette poste sopra le porte.

Dall'altro verso invece i 2 condotti di collegamento alla centrale, passano all'interno del ripostiglio fino ad arrivare all'esterno dell'edificio.

Questi hanno rispettivamente un terminale di presa d'aria esterna e un terminale di estrazione.

Lo Scambiatore di calore è di un tipologia ad altissima efficienza in polipropilene, con funzionamento in controcorrente a flussi incrociati con un rendimento di scambio termico > 90 %.

L'aria calda viziata viene estratta dalla stanza e attraversando il recuperatore di calore, lo riscalda e lo umidifica. Quando il recuperatore è caldo, l'unità passa in modalità immissione.

L'aria nuova presa dall'esterno attraversa il recuperatore di calore e assorbe il calore e l'umidità accumulati. Quando il recuperatore di calore si è raffreddato, l'unità torna in modalità estrazione.

4.5.3 CONCENTRAZIONI DI CO2 DI PROGETTO IN SOGGIORNI E CAMERE DA LETTO

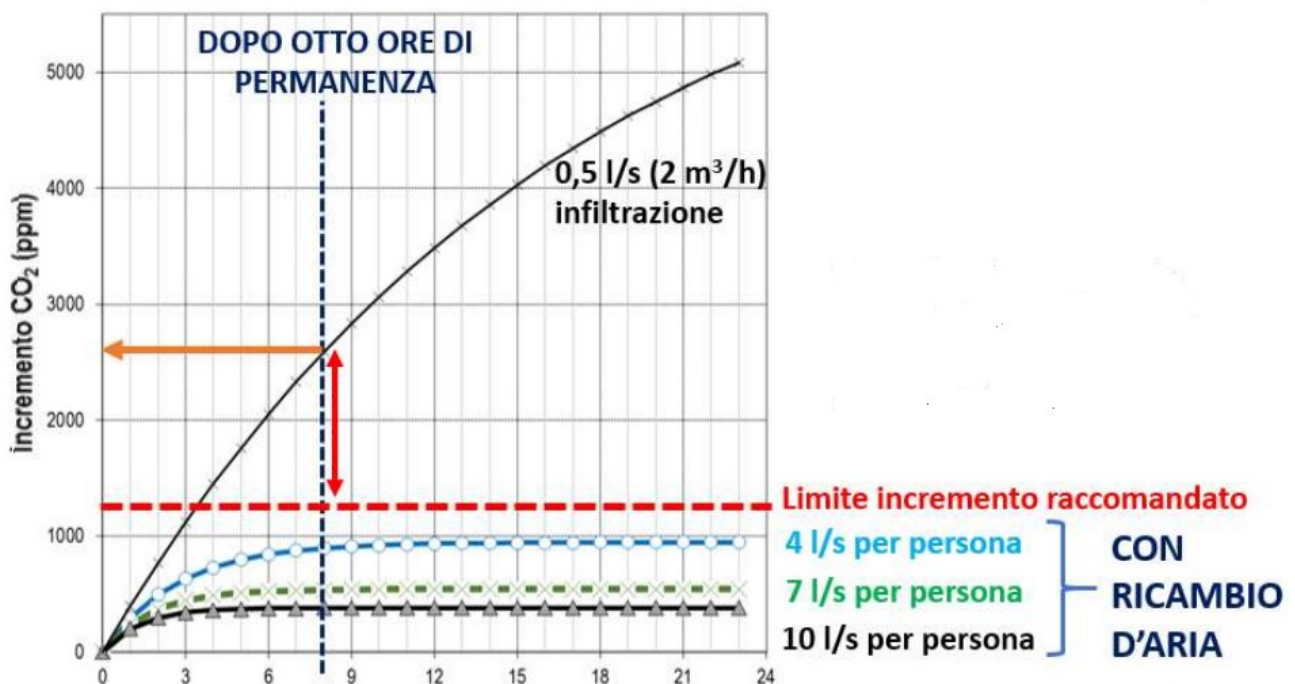
Come precedentemente detto la produzione di CO2 da parte degli occupanti influenza in modo particolare la qualità dell'aria. Sempre in base alla categoria di ambiente termico considerata nella seguente tabella sono riportati i valori espressi in PPM (parti per milione) delle concentrazioni massime consentite rispetto all'aria esterna.

Categoria	Incremento di CO2 nel soggiorno in PPM	Incremento di CO2 nelle camere in PPM
I	550	380
II	800	550
III	1350	950

I valori sopra riportati corrispondono alle concentrazioni di CO2 massime consentite quando le portate del flusso d'aria sono 10, 7, 4 l/s per persona per categoria I, II, III rispettivamente.

L'emissione di CO2 è di 20 l/h per persona per il soggiorno e 13,6 l/h per persona per le camere.

Prendendo come esempio la stanza 1, la concentrazione di CO2 dopo 8 ore di occupazione supererebbe in maniera netta il limite consentito. Ciò dimostra che le sole infiltrazioni non sono assolutamente sufficienti a garantire una qualità dell'aria accettabile.



4.5.4 CALCOLO DELLA PORTATA DI ESTRAZIONE

Per il calcolo si fa riferimento alla tabella A.13 dell'allegato nazionale in cui in base al numero dei locali principali presenti nell'abitazione, vengono fornite le portate d'aria d'estrazione di progetto in l/s.

Successivamente a seconda della categoria dell'ambiente interno la portata di ripresa va moltiplicata per un coefficiente specifico indicato nella tabella A.14.

TABELLA A.13

Numero di stanze principali nell'abitazione	Portate d'aria d'estrazione di progetto in l/s		
	Cucina	Bagno o doccia con o senza servizi igienici	Altra stanza umida
1	20	10	10
2	25	10	10
3	30	15	10
4	35	15	10
5 o più	40	15	10

TABELLA A.14

Categoria	Portate d'aria definite nella tabella A.13 moltiplicate per
I	1,4
II	1
III	0,7

Nel caso di studio analizzato i locali principali risultano essere 3: Stanza 1, Stanza 2 e Living room.

Di conseguenza la portata di estrazione a seconda della categoria di ambiente interno è calcolata nel seguente modo:

CAT I: $(30 + 15 + 10) \times 1,4 = 77 \text{ l/s} \rightarrow 277,2 \text{ m}^3/\text{h}$

CAT II: $(30 + 15 + 10) \times 1 = 55 \text{ l/s} \rightarrow 198 \text{ m}^3/\text{h}$

CAT III: $(30 + 15 + 10) \times 0,7 = 38,5 \text{ l/s} \rightarrow 138,6 \text{ m}^3/\text{h}$

4.5.5 PORTATA EFFETTIVA

Trattandosi di ventilazione meccanica la portata mediata sul tempo del flusso d'aria k-esimo in generale, $q_{ve,k,mn}$, è data dalla seguente formula:

$$q_{ve,k,mn} = (\overline{q'_{ve,x}})_k \times (1 - \beta_k) + (q_{ve,f} \times b_{ve} \times FC_{ve} + \overline{q_{ve,x}})_k \times \beta_k$$

dove:

- la portata d'aria addizionale media dovuta agli effetti del vento, nel periodo di non funzionamento della ventilazione meccanica, si calcola come:

$$\overline{q'_{ve,x}} = (V \times n_{50} \times e / 3600)$$

dove:

V è il volume netto del locale o zona considerata, espresso in m³;

n_{50} è il tasso di ricambio d'aria risultante da una differenza di pressione di 50 Pa tra interno ed esterno, inclusi gli effetti delle aperture di immissione dell'aria, espresso in h⁻¹;

e è il coefficiente di esposizione al vento;

la portata nominale della ventilazione meccanica, $q_{ve,f}$, si calcola come:

$$q_{ve,f} = \max [q_{ve,des}; q_{ve,0}]$$

dove:

$q_{ve,des}$ è la portata di esercizio dell'impianto di ventilazione meccanica in condizioni di progetto, espressa in m³/s;

$q_{ve,0}$ è la portata minima di progetto di aria esterna, espressa in m³/s.

La portata di progetto della ventilazione meccanica, $q_{ve,des}$, coincide nel caso di ventilazione meccanica bilanciata con la massima tra la portata di immissione e quella di estrazione:

$$q_{ve,des} = \max [q_{ve,sup}; q_{ve,ext}]$$

- la portata d'aria media giornaliera addizionale con ventilazione meccanica funzionante dovuta a ventilazione naturale termica e trasversale, si calcola come:

$$\overline{q_{ve,x}} = \frac{\overline{q'_{ve,x}}}{1 + \frac{f}{e} \left[\frac{q_{ve,sup} - q_{ve,ext}}{V \times n_{50} / 3600} \right]^2}$$

dove:

$\underline{q_{ve,sup}}$ è la portata di progetto del sistema di immissione (ventilatore) espressa in m³/s;

$\underline{q_{ve,ext}}$ è la portata minima di progetto del sistema di estrazione espressa in m³/s;

\underline{V} è il volume netto del locale o zona considerata, espresso in m³;

$\underline{n_{50}}$ è il tasso di ricambio d'aria risultante da una differenza di pressione di 50 Pa tra interno ed esterno,

inclusi gli effetti delle aperture di immissione dell'aria, espresso in h⁻¹;

\underline{e} coefficiente di esposizione al vento;

\underline{f} coefficiente di esposizione al vento;

$\underline{FC_{ve}}$ è il fattore di efficienza della regolazione dell'impianto di ventilazione meccanica;

Tale fattore tiene conto della riduzione della portata media giornaliera rispetto al valore nominale, conseguenza della retroazione dei sistemi di controllo che modulano la portata effettiva in funzione del tasso di occupazione. Sistemi di regolazioni diversi hanno capacità diverse nel seguire la richiesta e quindi valori diversi della portata media giornaliera erogata a parità di profilo di occupazione. Se il sistema di ventilazione è a portata costante (assenza di sistema di regolazione) il valore del fattore di efficienza della regolazione è unitario.

$\underline{\beta_k}$ è la frazione dell'intervallo temporale di calcolo con ventilazione meccanica funzionante per il flusso d'aria k-esimo, nel caso di flusso continuo è 24/24.

Il fattore di correzione per la differenza di temperatura effettivamente presente nel k-esimo flusso d'aria, $b_{ve,k}$, è per ventilatore premente con pre-riscaldamento o pre-raffreddamento pari a:

$$b_{ve,k} = \frac{\theta_{int,set} - \theta_{sup}}{\theta_{int,set} - \theta_e}$$

Dove:

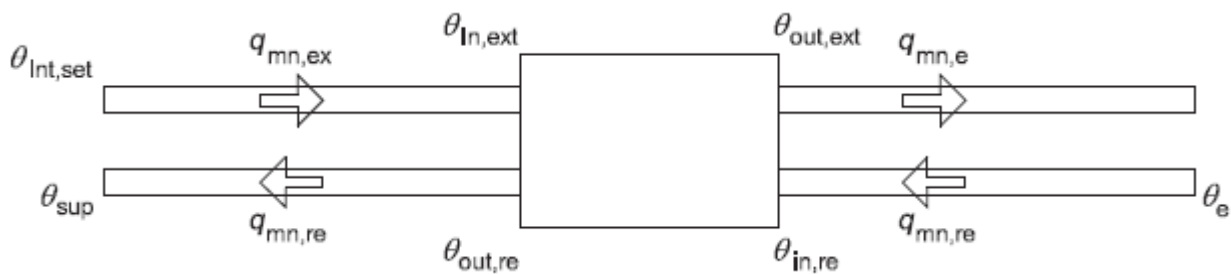
θ_{sup} è il valore della temperatura di immissione dell'aria nella zona dopo il pre-riscaldamento o pre raffreddamento, espressa in °C;

$\theta_{int,set}$ è la temperatura interna prefissata della zona termica considerata, espressa in °C;

θ_e è il valore medio mensile della temperatura esterna, espressa in °C.

La temperatura di immissione dell'aria nella zona dopo il pre-riscaldamento o pre-raffreddamento, θ_{sup} , è determinata per valutazioni sul progetto sempre inferiore o uguale alla temperatura di progetto interna, $\theta_{int,set}$.

SCHEMA SISTEMA DI RECUPERO TERMICO DI VENTILAZIONE



la temperatura dell'aria di rinnovo immessa nella zona a valle del sistema di ventilazione con recuperatore termico è data da:

$$\theta_{sup} = \theta_{out,re} + \Delta\theta_{out,re}^{sup}$$

$$\theta_{out,re} = \theta_{in,re} + \eta_{hru,eff} \times (\theta_{in,ext} - \theta_{in,re})$$

$$\theta_{in,ext} = \theta_{int,set} + \Delta\theta_{int,set}^{in,ext}$$

$$\theta_{in,re} = \theta_e + \Delta\theta_e^{in,re}$$

dove:

Θ_{sup} è la temperatura dell'aria a valle sistema recuperatore-condotti fornita alla zona termica, espressa in °C;

$\Theta_{int,set}$ è la temperatura interna prefissata della zona termica considerata, espressa in °C;

Θ_e è la temperatura media mensile dell'aria esterna, espressa in °C;

$\eta_{hru,eff}$ è l'efficienza termica effettiva del recuperatore termico;

$\Delta\Theta_{sup/out, re}$ è la differenza di temperatura tra l'immissione in zona e la mandata del recuperatore alla zona, dovuta agli scambi termici del condotto con l'ambiente circostante, espressa in °C;

$\Delta\Theta_{in, ext/int, set}$ è la differenza di temperatura tra l'ingresso nel recuperatore e l'estrazione dalla zona, dovuta agli scambi termici del condotto con l'ambiente circostante, espressa in °C;

$\Delta\Theta_{in, re/e}$ è la differenza di temperatura tra l'ingresso nel recuperatore e la griglia di aspirazione dell'aria esterna, dovuta agli scambi termici del condotto con l'ambiente circostante, espressa in °C;

$q_{mn,ext}$ è la portata volumica dell'aria circolante nel condotto di estrazione-espulsione dell'aria interna, espressa in m³/s;

$q_{mn,e}$ è la portata volumica dell'aria circolante nel condotto di aspirazione-immissione dell'aria esterna, espressa in m³/s.

Quindi per quanto riguarda il calcolo della portata di ventilazione effettiva, negli edifici che hanno la ventilazione meccanica controllata oltre alla portata nominale della ventilazione meccanica si tiene conto della portata d'aria aggiuntiva dovuta agli effetti del vento nel periodo di non funzionamento dell'impianto di ventilazione meccanica, dell'efficienza di regolazione dell'impianto di VMC e naturalmente dell'efficienza di un eventuale recuperatore di calore.

4.6 FABBISOGNI DI ENERGIA TERMICA

Si definisce come fabbisogno ideale di energia termica per il riscaldamento $Q_{H,nd}$ l'energia richiesta per mantenere negli ambienti riscaldati la temperatura di progetto (fissata a 20°C), calcolata per ogni zona dell'edificio e per ogni mese, come:

$$Q_{H,nd} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} \times (Q_{int} + Q_{sol})$$

Dove:

- $Q_{H,tr}$ è lo scambio termico per trasmissione nel caso di riscaldamento [kWh];
- $Q_{H,ve}$ è lo scambio termico per ventilazione nel caso di riscaldamento [kWh];
- Q_{int} sono gli apporti termici interni [kWh];
- Q_{sol} sono gli apporti termici solari [kWh];
- $\eta_{H,gn}$ è il fattore di utilizzazione degli apporti termici, ovvero la misura di quanto questi incidono sul resto del fabbisogno.

4.6.1 SCAMBI TERMICI PER TRASMISSIONE E VENTILAZIONE

Per ciascun mese del periodo di riscaldamento, gli scambi termici per il riscaldamento si calcolano:

$$Q_{H,tr} = H_{tr,adj} \times (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \times t + (\sum_k Fr,k + \Phi_{r,mn,k}) \times t$$

$$Q_{H,ve} = H_{ve,adj} \times (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \times t$$

Dove:

- $H_{tr,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno [W/K];
- $H_{ve,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno [W/K];
- $\theta_{int,set,H}$ è la temperatura interna di regolazione per il riscaldamento della zona considerata pari a 20° C secondo la norma UNI/TS 11300-1;
- θ_e è la temperatura media mensile dell'ambiente esterno
- Fr,k è il fattore di forma tra il componente edilizio k-esimo e la volta celeste;
- $\Phi_{r,mn,k}$ è l'extraflusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste dal componente edilizio k-esimo, mediato sul tempo;

4.6.2 COEFFICIENTE GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO PER VENTILAZIONE

La normativa prevede dei ricambi d'aria dipendenti dall'occupazione dei locali e dalla loro destinazione d'uso in maniera tale da garantire un'adeguata qualità dell'aria. Il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione si ricava come:

$$H_{ve,adj} = p_{aca} \times (\sum_k b_{ve,k} \cdot k_{qve,k,mn})$$

Dove:

- p_{aca} è la capacità termica volumica dell'aria, pari a 1200 [J/m³K];
- $k_{qve,k,mn}$ è la portata mediata sul tempo del flusso d'aria k-esimo [m³/h];
- $b_{ve,k}$ è il fattore di correzione della temperatura per il flusso d'aria k-esimo, pari a 1. $b_{ve,k} \neq 1$ se la temperatura di mandata non è uguale alla temperatura dell'ambiente esterno, come nel caso di pre-riscaldamento, pre-raffrescamento o di recupero termico dell'aria di ventilazione.

4.7 FABBISOGNI DA RELAZIONE DI CALCOLO

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti tramite il programma a seconda della categoria di ambiente, considerando la ventilazione di riferimento per il fabbisogno termico e successivamente la ventilazione effettiva per l'energia primaria.

FABBISOGNO DI RISCALDAMENTO (QH,nd) CON VENTILAZIONE DI RIFERIMENTO CAT III

MESE	QHtr	Qhve	Qhint	Qhsol,w	Qhsol,op	QH,nd
Gennaio	576,2	236,1	306,1	231,7	26,1	286,1
Febbraio	555,6	230,2	276,5	250,2	31,9	271,1
Marzo	557,8	234,6	306,1	279,4	43,3	228,6
Aprile	208,6	89,5	148,1	116,6	22,4	55,4
Novembre	346,8	143,4	227,1	177,9	20,8	110,2
Dicembre	674,3	273,7	306,1	195,8	22,1	449,3

FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE (QP,tot,H) CON VENTILAZIONE EFFETTIVA CAT III

MESE	QHtr	Qhve	Qhint	Qhsol,w	Qhsol,op	QH,nd	QHgn,out	QP,tot,H
Gennaio	576,2	188,9	306,1	231,7	26,1	241	291,3	322
Febbraio	555,6	184,2	276,5	250,2	31,9	227,4	275,1	304
Marzo	557,8	187,7	306,1	279,4	43,3	186,1	223,5	247
Aprile	208,6	71,6	148,1	116,6	22,4	41,8	48,6	53,7
Novembre	308,4	101,9	197,5	152,4	17,8	83,2	98,7	109,1
Dicembre	674,3	218,9	306,1	195,8	22,1	395	481,4	532

FABBISOGNO DI RISCALDAMENTO (QH,nd) CON VENTILAZIONE DI RIFERIMENTO CAT II

MESE	QHtr	Qhve	Qhint	Qhsol,w	Qhsol,op	QH,nd
Gennaio	576,2	283,4	306,1	231,7	26,1	331,8
Febbraio	555,6	276,3	276,5	250,2	31,9	315,5
Marzo	557,8	281,5	306,1	279,4	43,3	272,3
Aprile	208,6	107,4	148,1	116,6	22,4	69,9
Novembre	371,4	184,5	246,9	195,3	22,8	138,9
Dicembre	674,3	328,4	306,1	195,8	22,1	503,7

FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE (QP,tot,H) CON VENTILAZIONE EFFETTIVA CAT II

MESE	QHtr	Qhve	Qhint	Qhsol,w	Qhsol,op	QH,nd	QHgn,out	QP,tot,H
Gennaio	576,2	201,5	306,1	231,7	26,1	253	291,3	338,3
Febbraio	555,6	196,5	276,5	250,2	31,9	239	275,1	319,9
Marzo	557,8	200,2	306,1	279,4	43,3	197,3	223,5	262,3
Aprile	208,6	76,4	148,1	116,6	22,4	45,3	48,6	58,5
Novembre	321,4	113,3	207,4	160,8	18,8	90,3	107,3	118,6
Dicembre	674,3	233,5	306,1	195,8	22,1	409,4	499,2	551,8

FABBISOGNO DI RISCALDAMENTO (QH,nd) CON VENTILAZIONE DI RIFERIMENTO CAT I

MESE	QHtr	Qhve	Qhint	Qhsol,w	Qhsol,op	QH,nd
Gennaio	576,2	330,6	306,1	231,7	26,1	377,9
Febbraio	555,6	322,3	276,5	250,2	31,9	360,3
Marzo	557,8	328,4	306,1	279,4	43,3	316,9
Aprile	208,6	125,3	148,1	116,6	22,4	85,3
Novembre	406,8	236,2	276,5	222,1	26	172,1
Dicembre	674,3	383,1	306,1	195,8	22,1	558,2

FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE (QP,tot,H) CON VENTILAZIONE EFFETTIVA CAT I

MESE	QHtr	Qhve	Qhint	Qhsol,w	Qhsol,op	QH,nd	QHgn,out	QP,tot,H
Gennaio	576,2	214,4	306,1	231,7	26,1	265	291,3	354,7
Febbraio	555,6	208,8	276,5	250,2	31,9	250,6	275,1	335,8
Marzo	557,8	212,7	306,1	279,4	43,3	208,6	223,5	277,7
Aprile	208,6	81,1	148,1	116,6	22,4	48,9	48,6	63,4
Novembre	334,2	125,3	217,2	169,3	19,8	97,7	116,2	128,5
Dicembre	674,3	248,1	306,1	195,8	22,1	423,9	517,5	571,5

4.7.1 DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Come si evince dai risultati sopra riportati gli scambi termici per ventilazione nel caso di ventilazione effettiva risultano essere inferiori, anche in maniera evidente se consideriamo la categoria di qualità ambientale più alta (CAT I) rispetto a quelli relativi alla ventilazione di riferimento. Di conseguenza, anche i fabbisogni di energia termica dell'appartamento ne risentono sotto questo punto di vista.

Proprio grazie allo scambiatore di calore, che mi permette di recuperare gran parte del calore in uscita dal canale di estrazione i fabbisogni di energia primaria, comprensivi dei consumi dell'impianto di ventilazione, risultano essere contenuti con un incremento per le categorie più alte dovute alla richiesta in portata che necessariamente è maggiore.

Un occhio di riguardo ai consumi elettrici dovuto ai ventilatori risulta di fondamentale importanza per il calcolo energetico dell'involucro considerato. Ad oggi un consumo limitato di risorse risulta essere di fondamentale importanza nel campo della progettazione.

RIFLESSIONI CONCLUSIVE

Voglio fare una riflessione conclusiva riguardo la differenza dei parametri adottati che si evincono dal tipo di destinazione d'uso dell'edificio.

In particolare voglio evidenziare come in presenza di persone non adatte i valori di input dalle tabelle per il calcolo delle portate e dei parametri in generale risultano essere necessariamente maggiori rispetto a quelli per persone adatte.

Inoltre sono da considerare che le emissioni da parte dell'edificio in base al livello di inquinamento (bassissimo, basso, non molto basso) necessitano di portate di ventilazione ben superiori rispetto al caso residenziale.

Concludendo voglio far capire con quanto suddetto che il controllo della qualità dell'aria negli edifici non residenziali va effettuato con più rilevanza e soprattutto le normative risultano meno elastiche e più restrittive.

BIBLIOGRAFIA

EN 16798-1

Prestazioni energetiche degli edifici— Parte 1: parametri di input ambientali interni per la progettazione e la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici per la qualità dell'aria interna, l'ambiente termico, l'illuminazione e l'acustica- Modulo M1-6 (revisione della norma EN 15251);

CEN /TR 16798-2

Prestazioni energetiche degli edifici— Parte 2: parametri di input ambientali interni per la progettazione e la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico; illuminazione e acustica-Modulo M1-6- Relazione tecnica- Interpretazione dei requisiti della norma EN 16798-1;

UNI/TS 11300-1

Prestazioni energetiche degli edifici Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale;