

# Comune di Cerda

## Città Metropolitana di Palermo

**Oggetto:** Manutenzione straordinaria con adeguamento sismico della scuola materna di via Kennedy

### ELABORATO

RELAZIONE SISTEMI DI AERAZIONE E VENTILAZIONE

Codice

**A9**

Scala disegno

-

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Controllo	Approvazione
0	Gennaio 2023	Prima Emissione	Ing. G. Macaluso	Ing. G. Macaluso	Ing. G. Macaluso

IL PROGETTISTA

Ing. Giuseppe Macaluso

IL RUP

Geom. Giuseppe Chiappone

Approvazioni





## INDICE

1	PREMESSE .....	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	3
3	CRITERI AMBIENTALI MINIMI DI RIFERIMENTO (CAM) .....	4
4	STATO DI FATTO .....	4
4.1	Descrizione generale del contesto ambientale.....	4
4.2	Sala polivalente .....	5
4.3	Aule didattiche .....	5
4.4	Servizi igienici.....	6
5	INTERVENTI E STATO DI PROGETTO .....	6
5.1	Interventi previsti e risultati raggiungibili.....	6
5.1.1	VMC per gruppo servizi igienici wc-insegnati e wc disabili.....	7
5.1.2	VMC per wc alunni.....	9
5.1.3	VMC per aule.....	14
5.1.4	VMC per sala polivalente .....	16

# **RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO SISTEMI DI AERAZIONE E VENTILAZIONE, CON CRITERI AMBIENTALI MINIMI**

## **1 PREMESSE**

Si tratta del sistema di aerazione e ventilazione da installare in seno ai lavori di manutenzione straordinaria dell'edificio della scuola materna G. Falcone.

L'edificio scolastico, luogo di installazione, è sito in Cerda (PA) nella via Kennedy snc.

Il progetto prevede il miglioramento della qualità ambientale interna con riferimento all'aerazione e ventilazione degli ambienti.

L'edificio scolastico è isolato, ubicato nella periferia N-E del centro urbano, venne costruito tra la fine degli anni '70 e gli inizi degli anni '80.

L'edificio ha un'unica elevazione fuori terra (piano terra), è servito da un'area pertinenziale esterna, sulla quale sono presenti due locali tecnici, in corpi separati.

L'area pertinenziale è delimitata su tre lati da muri di sostegno con altezza variabile tra 2.85 e 6.10 m circa, posti a 5.00 – 6.50 m circa dalle pareti dell'edificio.

L'edificio è formato da un unico corpo con struttura intelaiata in c.a., i solai di copertura sono piani, hanno tre diversi livelli.

La copertura è piana, articolata su tre livelli con differenza di altezza pari a 85 cm circa, tra la più bassa e la più alta.

L'edificio in pianta ha forma composta da più rettangoli, copre una superficie lorda pari a 335,86 m<sup>2</sup> circa, l'altezza massima è pari a 4,55 m circa, rilevata dal p.c. fino alla sommità del cornicione di copertura.

I due corpi tecnici ubicati nell'area pertinenziale sono:

- Centrale termica, in pianta di forma rettangolare con superficie lorda pari a 14,94 m<sup>2</sup> circa, ed altezza massima pari a 3,65 m circa;
- Deposito carburante (per la centrale termica), in pianta di forma rettangolare con superficie lorda pari a 10,70 m<sup>2</sup> circa, ed altezza massima pari a 4,00 m.

Da progetto è prevista la demolizione del corpo tecnico adibito a deposito di carburante.

L'edificio scolastico, da progetto è composto da una sala polivalente con accesso diretto dall'esterno, un disimpegno, 4 aule didattiche, un locale tecnico per l'installazione di componenti impiantistici, un wc per alunni, un wc per insegnanti, un wc per disabili, un anti-wc.

Il progetto prevede l'installazione di un sistema di estrazione d'aria nei servizi igienici insegnanti e disabili, di piccole dimensioni, l'installazione di un sistema di ventilazione elettromeccanica con

recupero del calore, senza batteria di scambio termico, nel wc-alunni, di un sistema di ventilazione elettromeccanica con recupero del calore, con batteria di scambio termico e umidificatore, nella sala polivalente, dei sistemi indipendenti di ventilazione elettromeccanica con ventilatori a recupero di calore senza canalizzazione nelle 4 aule.

## 2    **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Le principali norme di riferimento sono le seguenti:

- D.M. 18/12/1975 ss.mm.ii. – *Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica, (per quanto in vigore nel transitorio);*
- D.M. n.37 del 28/1/2008 *Norme per la sicurezza degli impianti;*
- D.P.R. n. 447 - *Regolamento di attuazione della Legge n° 46 del 5/3/1990 in materia di sicurezza degli impianti;*
- D.M. 23/06/2022 - *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.*

Le principali norme tecniche di sistema utilizzate sono:

- UNI EN 10339 - *Impianti aeraulici per la climatizzazione - Classificazione, prescrizioni e requisiti prestazionali per la progettazione e la fornitura;*
- UNI EN 13779 (sostituita dalla UNI EN 16798-3:2017) – *Ventilazione degli edifici non residenziali, Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di climatizzazione;*
- UNI EN 16798-3 – *Prestazione energetica degli edifici – Ventilazione per gli edifici- Parte 3: Per gli edifici non residenziali – Requisiti prestazionali per i sistemi di ventilazione e condizionamento degli ambienti;*
- UNI EN 15251 (sostituita dalla UNI EN 16798-1:2019) – *Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici ...;*
- UNI EN 16798-1 - *Prestazione energetica degli edifici – Ventilazione per gli edifici- Parte 1: Parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna ...;*
- UNI EN 16798-7 - *Prestazione energetica degli edifici – Ventilazione per gli edifici- Parte 7: Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici, compresa l'infiltrazione.*

### **3 CRITERI AMBIENTALI MINIMI DI RIFERIMENTO (CAM)**

Il D.M. 23/06/2022 tratta dei criteri ambientali minimi da rispettare nell'affidamento dei servizi di progettazione e dei lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici.

I lavori da realizzare sono di manutenzione straordinaria con adeguamento sismico delle strutture ed adeguamento impiantistico.

Dal punto di vista energetico l'intervento si classifica come ristrutturazione importante di 2° livello, come definito dal D.M. del 26-06-2015.

Nello specifico si tratta dei sistemi di aerazione e ventilazione.

Il punto 2.4.5 dell'allegato al citato D.M., per gli interventi di ristrutturazione importante di 2° livello prevede: *nel caso di impossibilità tecnica nel conseguire le portate previste dalla UNI 10339 o la Classe II della UNI EN 16798-1, è concesso il conseguimento della Classe III, oltre al rispetto dei requisiti di benessere termico previsti al criterio "2.4.6-Benessere termico" e di contenimento del fabbisogno di energia termica per ventilazione"*

Nel caso specifico il progetto mira a soddisfare le portate d'aria previste dalla UNI 10339, senza deroga.

Inoltre è previsto che:

- le strategie di ventilazione adottate devono limitare la dispersione termica, il rumore, il consumo di energia, l'ingresso dall'esterno di agenti inquinanti e di aria fredda e calda nei mesi invernali ed estivi;
- al fine del contenimento del fabbisogno di energia termica per ventilazione, gli impianti di ventilazione meccanica prevedono anche il recupero di calore, ovvero un sistema integrato per il recupero dell'energia contenuta nell'aria estratta per trasferirla all'aria immessa (pre-trattamento per il riscaldamento e raffrescamento dell'aria, già filtrata, da immettere negli ambienti).

### **4 STATO DI FATTO**

#### **4.1 Descrizione generale del contesto ambientale**

L'edificio scolastico in oggetto è ubicato in zona semiperiferica del comune di Cerda (PA).

L'edificio è contornato da un'area esterna pertinenziale, nelle immediate vicinanze sono ubicati edifici residenziali (il più vicino a circa 10 m di distanza), mentre non sono ubicati ospedali ecc, né impianti che immettono inquinanti particolari in atmosfera.

Dal punto di vista morfologico è ubicato su un pendio, a quota 330 m circa s.l.m.

L'edificio è isolato, prospetta su tutti i lati sull'area esterna pertinenziale da cui è contornato.

L'edificio ha un'unica elevazione fuori terra, da progetto è composto da una sala polivalente con accesso diretto dall'esterno, un disimpegno, 4 aule didattiche, un locale tecnico per l'installazione di componenti impiantistici, un wc per alunni, un wc per insegnanti, un wc per disabili, un anti-wc.

La qualità dell'aria esterna può essere classificata ODA 1 (*outdoor air which may be only temporarily dusty* – secondo la UNI EN 16798-3), tenuto conto che dall'esame dei dati disponibili sulla qualità dell'aria nel comune, si ritengono soddisfatti i parametri limite fissati dalle linee guida WHO sulla qualità dell'aria.

## 4.2 Sala polivalente

La sala polivalente in pianta ha forma quadrilatera, con superficie pari a 63,70 m<sup>2</sup> circa, è in diretta comunicazione con un disimpegno, di forma rettangolare e superficie in pianta di 9,35 m<sup>2</sup>.

Alla sala polivalente si accede direttamente dall'esterno, sia dal prospetto N-O che dal prospetto S-E, dalla stessa e dal disimpegno si accede alle aule ed agli altri locali di servizio.

Da progetto la sala polivalente ed il disimpegno sono controsoffittati, la sala polivalente ha differenti altezze utili, la minima pari a 2.75 m, la massima pari a 3.15 m, il disimpegno ha altezza utile pari a 3.15 m.

La sala polivalente è dotata di serramenti, la cui superficie apribile è superiore ad 1/8 della superficie di pavimento.

E' prevista l'installazione di un sistema VMC con ventilatore canalizzabile a recupero di calore, da installare a soffitto all'interno del controsoffitto.

## 4.3 Aule didattiche

Le aule didattiche sono quattro, in pianta hanno forma rettangolare, con diverse superfici, sono controsoffittate, hanno diverse altezze utili.

Piano	Ambiente	Area del locale	Altezza media utile	Volume
		m <sup>q</sup>	m	mc
TERRA	aula 1	35,9	2,77	99,443
TERRA	aula 2	50,55	2,74	138,507
TERRA	aula 3	37,4	3,35	125,29
TERRA	aula 4	47,55	3,35	159,2925

Tutte le aule sono dotata di serramenti, la cui superficie apribile è superiore ad 1/8 della superficie di pavimento.

E' prevista l'installazione di sistemi VMC indipendenti con ventilatori non canalizzabili a recupero di calore, da installare a soffitto a vista.

#### 4.4 Servizi igienici

Da progetto sono previsti diversi servizi igienici: n. 2 wc insegnanti, n. 1 wc disabili, accessibili dallo stesso anti-wc, wc alunni suddiviso in due zone attraverso una parete alta 1,60 m circa.

I dati dimensionali sono riassunti nelle seguente tabella.

Piano	Servizio igienico	SU superficie	Altezza al controsoffitto	Volume
		<i>mq</i>	<i>m</i>	<i>mc</i>
TERRA	wc Alunni 1 e 2	34	2,45	83,3
TERRA	wc insegnanti - wc-H	8,9	2,4	21,36

I wc insegnanti sono dotati di finestre apribili, così come i wc alunni.

Nel gruppo servizi che comprende wc-insegnanti e wc disabili si prevede l'installazione di un ventilatore per sola estrazione d'aria.

Nel wc-alunni si prevede l'installazione di un sistema VMC con ventilatore canalizzabile con recupero del calore, da installare a soffitto all'interno del controsoffitto.

## 5 INTERVENTI E STATO DI PROGETTO

### 5.1 Interventi previsti e risultati raggiungibili

Il progetto si pone come obiettivo il miglioramento della qualità ambientale interna, in riferimento ai sistemi di aerazione e ventilazione.

Al fine di migliorare la qualità dell'aria interna, si prevede di installare dei sistemi di ventilazione meccanica controllata (VMC), in tutti gli ambienti principali e nei servizi igienici.

Il sistema VMC da installare nel gruppo servizi igienici formato da wc-insegnanti e wc-disabili è del tipo a semplice estrazione.

Il sistema VMC da installare nel wc alunni è con ventilatore canalizzabile con recupero del calore, da installare a soffitto all'interno del controsoffitto.

I sistemi VMC da installare nelle aule sono indipendenti con ventilatori non canalizzabili a recupero di calore, da installare a soffitto a vista.

Il sistema VMC da installare nella sala polivalente è con ventilatore canalizzabile con recupero del calore, da installare a soffitto all'interno del controsoffitto, dotato di batteria di scambio termico ed umidificatore.

Obiettivo del progetto il miglioramento della qualità dell'aria interna (IDA) attraverso un buon ricambio di aria dall'esterno, che nel caso specifico è classificabile come ODA 1.

### 5.1.1 VMC per gruppo servizi igienici wc-insegnanti e wc disabili

I due wc insegnanti sono dotati di finestre apribili, che difficilmente garantiscono il ricambio d'aria richiesto dalla norma UNI 10339, pari a 8 vol/h, inoltre a seconda del vento l'apertura della finestre potrebbe generare delle condizioni di sovra-pressione, creando flussi d'aria verso corridoi ed ambienti principali.

Il wc-disabili non è provvisto di aperture verso l'esterno.

I due wc insegnanti sono divisi da una parete con altezza pari a 2.20 m, inferiore rispetto a quella utile.

Il gruppo di wc e l'anti-wc sono controsoffittati ed hanno altezza utile pari a 2.40 m.

Viste le superiori considerazioni si sceglie di installare un sistema VMC a semplice estrazione con un ventilatore centrifugo cassonato e silenziato.

Il ventilatore è installato all'interno del controsoffitto, è canalizzato con tubazione rigida in pvc e n. 2 valvole di ripresa regolabili manualmente in polipropilene, installate a controsoffitto.

Il sistema preleva l'aria dall'interno e la espelle all'esterno attraverso un foro circolare da praticare nella muratura.

Attraverso il sistema di aspirazione i servizi igienici verranno messi in depressione rispetto agli ambienti comunicanti, in tal modo si eviteranno flussi d'aria verso gli altri ambienti.

Nei calcoli si affida l'intera ventilazione al sistema VMC, i ricambi d'aria previsti sono pari a 8 vol/h, secondo quanto previsto dalla norma UNI 10339.

Tabella 5.1 – Ricambi d'aria per i servizi igienici – wc insegnanti e disabili

Piano	Servizio igienico	SU superficie	Altezza al controsoffitto	Volume	ricambio d'aria unitario	ricambio d'aria totale Richiesto
		mq	m	mc	Vol/h	mc/h
TERRA	wc insegnanti - wc-H	8,9	2,4	21,36	8	170,88

Si prevede di soddisfare le richieste di ventilazione dei locali, che posti in condizioni di depressione non rilasceranno flussi d'aria verso i vicini ambienti.

In particolare si passerà da una situazione di partenza dove la ventilazione è incerta, in quanto legata alla sola apertura delle finestre, con possibili sovra-pressioni all'interno dei servizi che innescano flussi d'aria verso i vicini ambienti, ad una situazione migliorata dove attraverso l'installazione del ventilatore ipotizzato, la capacità di ventilazione soddisferà ampiamente la richiesta.

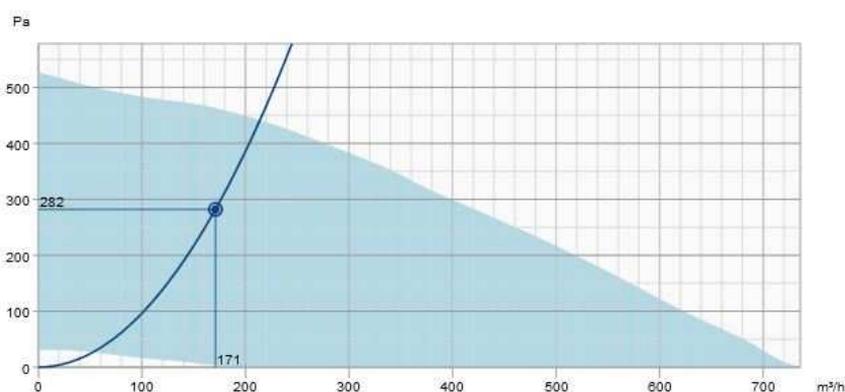
Si riportano le curve prestazionali ed i dati tecnici del ventilatore tipo ipotizzato.

Il ventilatore è dotato di regolatore di velocità stepless, settando la velocità come da calcolo, tenuto conto della prevalenza totale calcolata (statica + dinamica) il ventilatore avrà portata pari a 171 m<sup>3</sup>/h circa, che soddisfa pienamente la richiesta. In tale condizione il livello di pressione sonora a 3 m (20 m<sup>2</sup> Sabine) sarà pari a 46 db.

**Parametri di calcolo**

Portata d'aria	171	m <sup>3</sup> /h	Pressione esterna	282	Pa
Controllo velocità	Stepless		Densità dell'aria basata su	Densità dell'aria	
Densità dell'aria	1,204	kg/m <sup>3</sup>			

### Curva di prestazione



### Dati idraulici

Portata d'aria richiesta	171	m <sup>3</sup> /h
Pressione statica richiesta	282	Pa
Flusso di aria di esercizio	171	m <sup>3</sup> /h
Pressione statica di esercizio	282	Pa
Densità dell'aria	1,204	kg/m <sup>3</sup>
Potenza	55.5	W
Controllo ventola - giri/min	2139	rpm
Corrente	0.47	A
SFP	1.169	kW/m <sup>2</sup> /s
Tensione di controllo	7.0	V
Tensione di alimentazione	230	V

Livello di potenza sonora	Filtro acustico	Filtro A								
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Totale
Aspirazione	dB(A)	51	60	65	62	58	55	51	44	69
Mandata	dB(A)	48	54	65	58	55	55	50	43	67
Circostante	dB(A)	24	38	48	48	44	42	41	34	53
Livello di pressione sonora a 3m (20m <sup>2</sup> Sabine)	dB(A)	-	-	-	-	-	-	-	-	46
Livello di pressione sonora a 3m in campo libero	dB(A)	-	-	-	-	-	-	-	-	32

In base alle portate richieste è stato dimensionato e verificato il sistema di estrazione aria da installare, per maggiori specifiche vedi tabelle di calcolo allegate.

Il ventilatore verrà acceso in continuo durante per l'orario medio di utilizzo della scuola, l'accensione e lo spegnimento sono automatici, attraverso un timer 24h.

### 5.1.2 VMC per wc alunni

Il wc alunni è suddiviso in due aree con una parete alta circa 1,60, che non si estende per l'intera altezza utile, è contro-soffittato parzialmente all'altezza di 2.45 m circa.

Il wc alunni è dotato di finestre apribili, che difficilmente garantiscono il ricambio d'aria richiesto dalla norma UNI 10339, pari a 8 vol/h, inoltre a seconda del vento l'apertura della finestre potrebbe generare delle condizioni di sovra-pressione, creando flussi d'aria verso corridoi ed ambienti principali.

Viste le superiori considerazioni si sceglie di installare un sistema VMC di estrazione ed immissione di aria con recupero di calore, mediante l'installazione di unità di recupero di calore con scambiatore di calore in contro-flusso ad alta efficienza.

Il ventilatore da installare è canalizzabile, senza batteria di scambio termico, con recupero di calore, sarà installato in orizzontale all'interno del controsoffitto, canalizzato con tubazione flessibile in alluminio e rigida in lamiera zincata.

Per mettere il wc in depressione il sistema di canalizzazioni progettato ha maggiore caduta di pressione statica nel ramo di prelievo di aria dall'esterno ed immissione del locale, rispetto al ramo di estrazione ed evacuazione all'esterno del locale.

Nei calcoli si affida l'intera ventilazione al sistema VMC, i ricambi d'aria previsti sono pari a 8 vol/h, secondo quanto previsto dalla norma UNI 10339.

Tabella 5.1 – Ricambi d'aria per i servizi igienici – wc alunni

Piano	Servizio igienico	SU superficie	Altezza al controsoffitto	Volume	ricambio d'aria unitario	ricambio d'aria totale Richiesto
		<i>mq</i>	<i>m</i>	<i>mc</i>	<i>Vol/h</i>	<i>mc/h</i>
TERRA	wc Alunni 1 e 2	34	2,45	83,3	8	666,40

Assegnata la portata di ventilazione richiesta, disegnato il sistema di canalizzazioni e calcolate le perdite di carico sono state individuate le macchine da installare.

Volendo installare le macchine all'interno del controsoffitto in modo da ridurre al minimo le lunghezze dei canali d'aria (come consigliato dalla norma), per limitare le perdite di carico e la rumorosità del sistema, tenuto conto dello spazio ridotto disponibile si è scelto di installare n. 1 macchina, individuata sulla base dei calcoli delle portate richieste e delle perdite di carico.

Le perdite di carico continue sono state calcolate con la seguente formula:

$$\Delta P = \lambda \times \frac{1}{D} \times \rho \times \frac{v^2}{2}$$

Dove:

$\Delta P$  = perdita di carico unitaria in Pa/m

$\lambda$  = fattore di attrito calcolato con la formula di Altshul-Tsal

D = diametro interno del tubo

$\rho$  = densità dell'aria per T=20°C e Pr=1 bar

V = velocità dell'aria nel tubo

Le perdite di carico localizzate sono state calcolate utilizzando i dati empirici forniti dal produttore della discontinuità o per gli allargamenti, restringimenti, cambi di direzione con la seguente formula:

$$z = \lambda \times \rho \times \frac{v^2}{2}$$

Dove:

z = perdita di carico concentrata in Pa

$\lambda$  = fattore di attrito dedotto dalle tabelle ASRAE

$\rho$  = densità dell'aria per T=20°C e Pr=1 bar

V = velocità dell'aria nel tubo

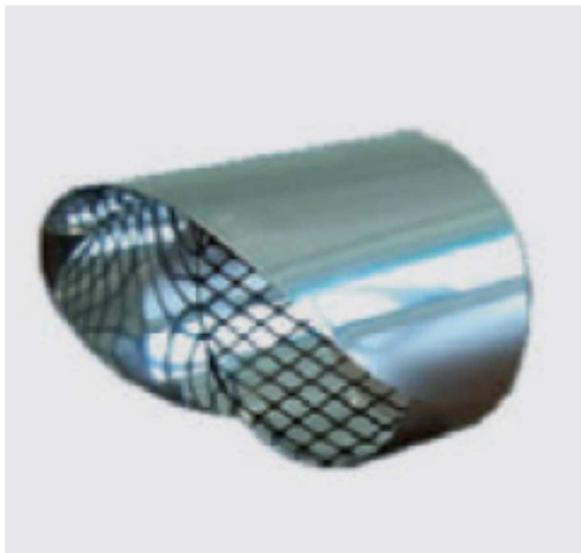
Le unità di recupero di calore hanno due ventilatori, in estrazione ed in immissione, pertanto ai fini del dimensionamento si tiene conto del sistema di canalizzazione ETA + EHA o ODA + SUP con cadente totale maggiore.

I canali sono flessibili in alluminio costituiti da più strati di alluminio e poliestere laminato al cui interno è incapsulata una spira elicoidale in filo di acciaio ad alto tenore di carbonio; la fitta costruzione del tubo permette di ridurre i trafiletti di aria verso l'esterno aumentando l'efficienza energetica del sistema, la struttura interna del tubo è a bassa rugosità.

I pezzi speciali, quali restringimenti, allargamenti, TEE ecc, sono in lamiera di acciaio zincata spessore 6/10 mm.

Le bocchette di presa e di espulsione dell'aria esterna sono corredate di tronchetto in lamiera di acciaio zincato, con parapioggia e griglia di protezione, sono state posizionate sulla base delle indicazioni date dalla UNI 13779, in modo da evitare commistioni tra i flussi d'aria, non sono presenti edifici di fronte al prospetto NO dove sono installare le bocchette.

L'installazione del tronchetto permette di allontanare l'espulsione dell'aria sporca dal prospetto, sempre a tal fine i canali di espulsione sono stati ridotti di sezione, rispetto all'attacco della macchina, da 250 a 200 mm di diametro, in modo da aumentare la velocità dell'aria, favorendone l'allontanamento, nel rispetto della velocità minima prevista dalla UNI 13779 di 5 m/s.



*Figura 1 - tronchetto di espulsione e presa aria*

Per ogni unità di trattamento l'aria è diffusa nell'ambiente attraverso due diffusori circolari modulari per controsoffitto a pannelli.

I diffusori sono installati a controsoffitto, mediamente a 2.45 m di altezza dal pavimento, per come dimensionati e collocati coprono l'ambiente, avendo penetrazione verticale, per la portata da progetto, oltre i 3.00 m raggiungeranno gli occupanti con velocità inferiore a 0,4 m/s.



*Figura 2 - tipo di diffusore da installare*

In condizioni estive si potranno aumentare portate e velocità attraverso l'aumento della velocità dei ventilatori di cui la macchina è corredata (da 2V a 3V), ed agire sui diffusori variando la regolazione.

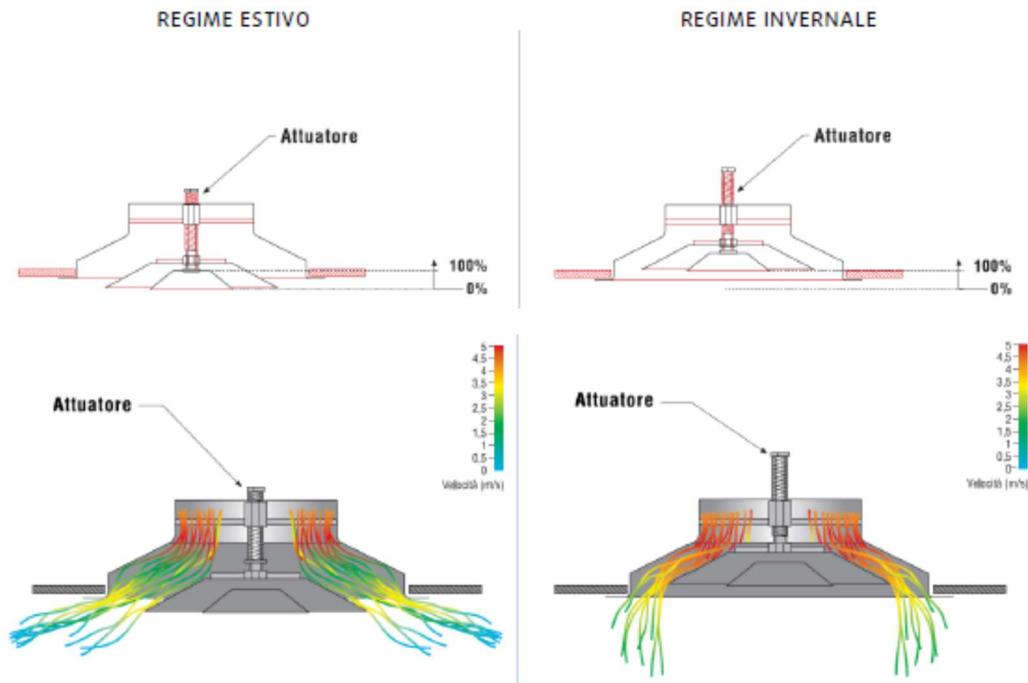
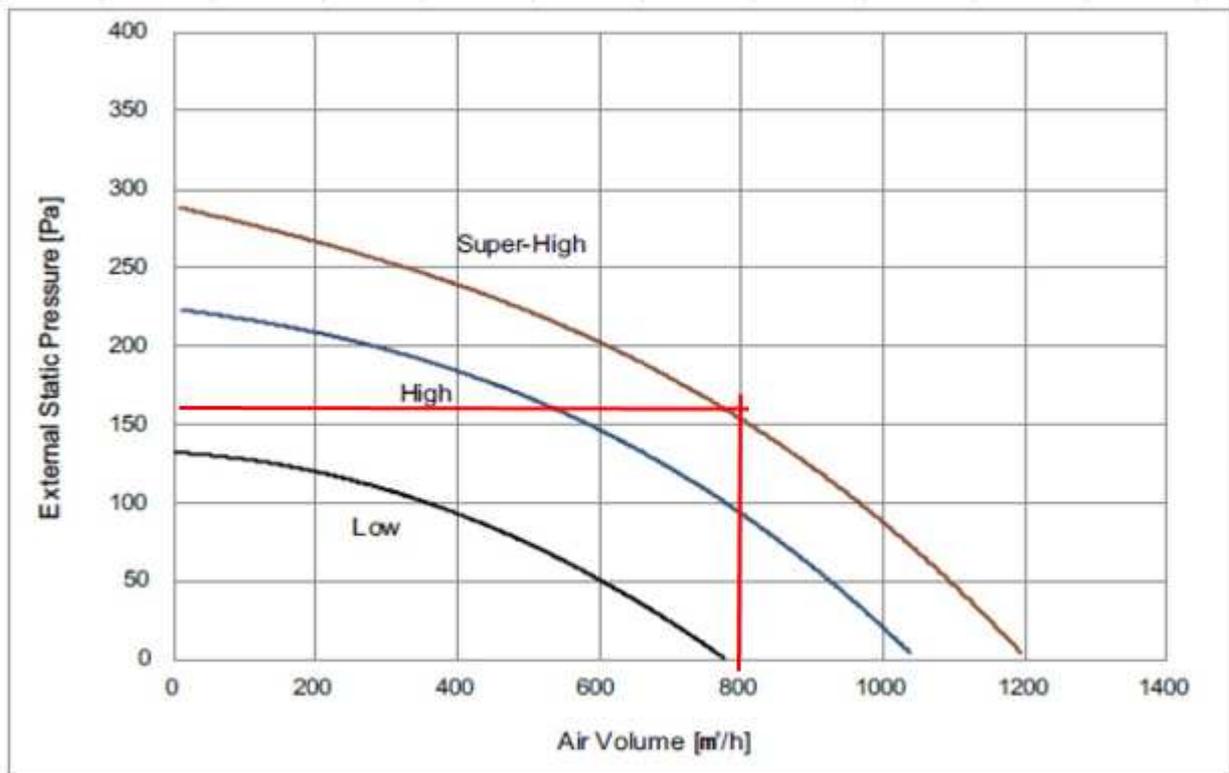


Figura 3 – diffusori: diverse regolazioni

La prestazione attesa è il miglioramento della qualità dell'aria indoor, garantendo il corretto ricambio d'aria, ciò permette la riduzione dell'umidità relativa, la riduzione della CO<sub>2</sub> nell'ambiente, senza creare correnti d'aria incontrollate con eccessivo salto termico.

La macchina da installare soddisfa le prestazioni richieste.



Regolata a velocità 3, tenuto conto della prevalenza richiesta fornisce una portata d'aria di circa 800 m<sup>3</sup>/h, superiore alla richiesta.

La macchina dovrà essere dotata di filtri in classe ePM10 50% (ex M5) su ripresa ambiente ed ePM1 70% (ex F7) su presa aria esterna, pur essendo la qualità dell'aria esterna classificabile ODA 1, i filtri garantiscono l'abbattimento di eventuali polveri, pollini ed altri inquinanti presenti in atmosfera, i filtri dovranno essere puliti regolarmente.

Le macchine devono essere dotate di pannello remoto di controllo, che permette accensione e arresto, regolazione della velocità, by-pass, segnalazione allarmi, quali intasamento filtri, sbrinamento pacco di scambio.

### 5.1.3 VMC per aule

Le aule didattiche sono quattro, in pianta hanno forma rettangolare, con diverse superfici, sono controsoffittate, hanno diverse altezze utili.

Tutte le aule sono dotate di serramenti, la cui superficie apribile è superiore ad 1/8 della superficie di pavimento.

L'affollamento delle aule massimo previsto è stato valutato secondo quanto disposto dal DM 18-12-1975, relativo all'edilizia scolastica, che prevede per le aule delle scuole materne almeno 1,80 m<sup>2</sup>/alunno.

Da progetto si prevede la realizzazione di un impianto di estrazione ed immissione di aria con recupero di calore, mediante l'installazione di unità di recupero di calore con scambiatore di calore ad alta efficienza.

Il ventilatore da installare non è canalizzabile, privo di batteria di scambio termico, dotato di recupero di calore, sarà installato in orizzontale a soffitto a vista.

Nei calcoli si affida l'intera ventilazione al sistema VMC.

Le portate d'aria da immettere ed estrarre sono state valutate secondo quanto previsto dalla UNI 10339 e dalla UNI EN 16798-1, utilizzando il metodo 1 (method based on perceived air quality):

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

Dove:

$q_{tot}$  = ventilazione totale per la zona occupata da ventilare [l/s]

n = numero di occupanti da progetto

$q_p$  = portata di ventilazione per occupazione di persone [l/s\*persone] (da UNI 10339)

$A_R$  = superficie del locale [m<sup>2</sup>]

$q_B$  = portata di ventilazione per emissioni di materiali [l/s\*m<sup>2</sup>]

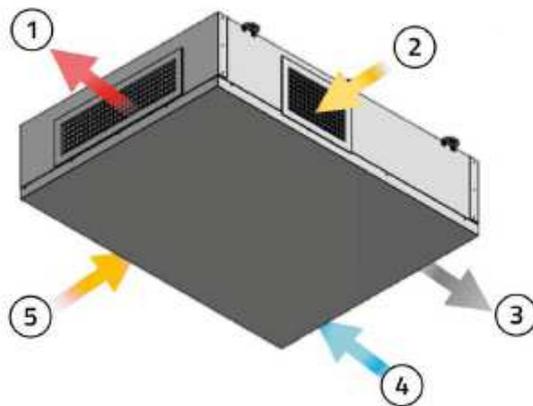
i valori di  $q_B$  sono forniti dalla norma tecnica in base alla categoria di progetto del livello qualitativo ambientale, che nei CAM è individuata nella II (normal level of expectation and should be used for new buildings and renovations).

Tabella 5.2 – Richiesta di ricambi d'aria nelle aule

Ricambi d'aria con recupero del calore										
Piano	Ambiente	AR	Hm	Volume	qB	n	qp	qt	qt	Rvol
		area del locale	altezza media utile							
TERRA	aula 1	35,9	2,77	99,443	0,35	20	4	92,565	333,23	3,35
TERRA	aula 2	50,55	2,74	138,507	0,35	25	4	117,6925	423,69	3,06
TERRA	aula 3	37,4	3,35	125,29	0,35	20	4	93,09	335,12	2,67
TERRA	aula 4	47,55	3,35	159,2925	0,35	25	4	116,6425	419,91	2,64

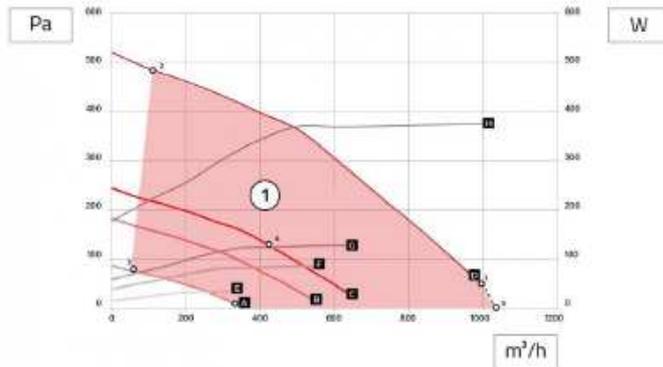
La macchine da installare sono del tipo integrate, la taglia è stata scelta in modo che le stesse lavorino a velocità media, si è scelto di installare macchine con portata massima pari a 800 m<sup>3</sup>/h, che soddisfa pienamente la richiesta.

## FLUSSO



- [1] Immissione
- [2] Ripresa
- [3] Espulsione
- [4] Rinnovo
- [5] Ripresa

## GRAFICO DI PORTATA TOTAL CLASS 800



[1] Range operativo consentito

- [A] Portata a velocità 40%
- [B] Portata a velocità 60%
- [C] Portata a velocità 70%
- [D] Portata a velocità 100%
- [E] Potenza assorbita 40%
- [F] Potenza assorbita 60%
- [G] Potenza assorbita 70%
- [H] Potenza assorbita 100%

## DATI TECNICI

CARATTERISTICHE TECNICHE	EVO 300 / EVO PLUS 300	EVO 800 / EVO PLUS 800
Alimentazione [V]	230	230
Frequenza [Hz]	50-60	50-60
Corrente [A]	2.7	2.8
Potenza [W]	350	380
Portata nominale [m <sup>3</sup> /s]	0.1	0.277
Potenza elettrica assorbita [kW]	0.327	0.377
Potenza specifica di ventilazione [W/(m <sup>3</sup> /s)]	1378	1189
Velocità frontale alla portata nominale [m/s]	1.56	1.42
Pressione esterna nominale [Pa]	358	50
Caduta pressione interna componenti ventilazione [Pa]	259	269
Efficienza statica ventilatori [%]	39.1	49.3
Livello pressione sonora [dB(A)]	36	34

La prestazione attesa è il miglioramento della qualità dell'aria indoor, garantendo il corretto ricambio d'aria, ciò permette nei casi di significativo affollamento la riduzione dell'umidità relativa, la riduzione della CO<sub>2</sub> nell'ambiente, senza creare correnti d'aria incontrollate con eccessivo salto termico.

La macchina dovrà essere dotata di filtri in classe ePM10 50% (ex M5) su ripresa ambiente ed ePM1 70% (ex F7) su presa aria esterna, pur essendo la qualità dell'aria esterna classificabile ODA 1, i filtri garantiscono l'abbattimento di eventuali polveri, pollini ed altri inquinanti presenti in atmosfera, i filtri dovranno essere puliti regolarmente.

La macchina deve essere dotata di pannello remoto di controllo, che permette accensione e arresto, regolazione della velocità, by-pass, segnalazione allarmi, quali intasamento filtri, sbrinamento pacco di scambio.

### 5.1.4 VMC per sala polivalente

La sala polivalente in pianta ha forma quadrilatera, con superficie pari a 63,70 m<sup>2</sup> circa, è in diretta comunicazione con un disimpegno, di forma rettangolare e superficie in pianta di 9,35 m<sup>2</sup>.

Alla sala polivalente si accede direttamente dall'esterno, sia dal prospetto N-O che dal prospetto S-E, dalla stessa e dal disimpegno si accede alle aule ed agli altri locali di servizio.

Da progetto la sala polivalente ed il disimpegno sono controsoffittati, la sala polivalente ha differenti altezze utili, la minima pari a 2.75 m, la massima pari a 3.15 m, il disimpegno ha altezza utile pari a 3.15 m.

La sala polivalente è dotata di serramenti, la cui superficie apribile è superiore ad 1/8 della superficie di pavimento.

L'affollamento massimo previsto è pari a 50 persone.

Da progetto si prevede la realizzazione di un impianto di estrazione ed immissione di aria con recupero di calore, mediante l'installazione di unità di recupero di calore con scambiatore di calore ad alta efficienza.

Il ventilatore da installare è canalizzabile, con batteria di scambio termico, umidificatore e recupero di calore, sarà installato in orizzontale all'interno del controsoffitto, canalizzato con tubazione flessibile in alluminio e rigida in lamiera zincata.

Nei calcoli si affida l'intera ventilazione al sistema VMC.

Le portate d'aria da immettere ed estrarre sono state valutate secondo quanto previsto dalla UNI 10339 e dalla UNI EN 16798-1, utilizzando il metodo 1 (method based on perceived air quality):

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

Dove:

$q_{tot}$  = ventilazione totale per la zona occupata da ventilare [l/s]

n = numero di occupanti da progetto

$q_p$  = portata di ventilazione per occupazione di persone [l/s\*persona] (da UNI 10339)

$A_R$  = superficie del locale [m<sup>2</sup>]

$q_B$  = portata di ventilazione per emissioni di materiali [l/s\*m<sup>2</sup>]

i valori di  $q_B$  sono forniti dalla norma tecnica in base alla categoria di progetto del livello qualitativo ambientale, che nei CAM è individuata nella II (normal level of expectation and should be used for new buildings and renovations).

Tabella 5.3 – Richiesta di ricambi d'aria nella sala polivalente

Ricambi d'aria con recupero del calore										
Piano	Ambiente	AR	Hm	Volume	qB	n	qp	qt	qt	Rvol
		area del locale	altezza media utile				mq			
		mq	m	mc	L/s*mq		L/s*persona	L/s	m <sup>3</sup> /h	vol/h
TERRA	Sala polivalente - dis.	73	2,9	211,7	0,35	50	4	225,55	811,98	3,84

Assegnata la portata di ventilazione richiesta, disegnato il sistema di canalizzazioni e calcolate le perdite di carico sono state individuate le macchine da installare.

Volendo installare le macchine all'interno del controsoffitto in modo da ridurre al minimo le lunghezze dei canali d'aria (come consigliato dalla norma), per limitare le perdite di carico e la

rumorosità del sistema, tenuto conto dello spazio ridotto disponibile si è scelto di installare n. 2 macchine, individuate sulla base dei calcoli delle portate richieste e delle perdite di carico.

Le perdite di carico continue sono state calcolate con la seguente formula:

$$\Delta P = \lambda \times \frac{1}{D} \times \rho \times \frac{v^2}{2}$$

Dove:

$\Delta P$  = perdita di carico unitaria in Pa/m

$\lambda$  = fattore di attrito calcolato con la formula di Altshul-Tsal

D = diametro interno del tubo

$\rho$  = densità dell'aria per T=20°C e Pr=1 bar

V = velocità dell'aria nel tubo

Le perdite di carico localizzate sono state calcolate utilizzando i dati empirici forniti dal produttore della discontinuità o per gli allargamenti, restringimenti, cambi di direzione con la seguente formula:

$$z = \lambda \times \rho \times \frac{v^2}{2}$$

Dove:

z = perdita di carico concentrata in Pa

$\lambda$  = fattore di attrito dedotto dalle tabelle ASRAE

$\rho$  = densità dell'aria per T=20°C e Pr=1 bar

V = velocità dell'aria nel tubo

Le unità di recupero di calore hanno due ventilatori, in estrazione ed in immissione, pertanto ai fini del dimensionamento si tiene conto del sistema di canalizzazione ETA + EHA o ODA + SUP con cadente totale maggiore.

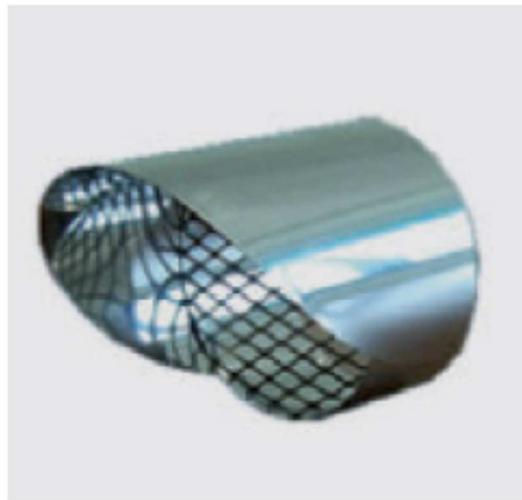
I canali sono flessibili in alluminio costituiti da più strati di alluminio e poliestere laminato al cui interno è incapsulata una spira elicoidale in filo di acciaio ad alto tenore di carbonio; la fitta costruzione del tubo permette di ridurre i trafiletti di aria verso l'esterno aumentando l'efficienza energetica del sistema, la struttura interna del tubo è a bassa rugosità.

I pezzi speciali, quali restringimenti, allargamenti, TEE ecc, sono in lamiera di acciaio zincata spessore 6/10 mm.

Le bocchette di presa e di espulsione dell'aria esterna sono corredate di tronchetto in lamiera di acciaio zincato, con parapigioggia e griglia di protezione, sono state posizionate sulla base delle

indicazioni date dalla UNI 13779, in modo da evitare commistioni tra i flussi d'aria, non sono presenti edifici di fronte al prospetto NO dove sono installare le bocchette.

L'installazione del tronchetto permette di allontanare l'espulsione dell'aria sporca dal prospetto, sempre a tal fine il canale di espulsione, nell'ultimo tratto in uscita è stato ridotto di sezione, da 250 a 200 mm di diametro, in modo da aumentare la velocità dell'aria, favorendone l'allontanamento, nel rispetto della velocità minima prevista dalla UNI 13779 di 5 m/s.



*Figura 4 - tronchetto di espulsione e presa aria*

Per ogni unità di trattamento l'aria è diffusa nell'ambiente attraverso due diffusori circolari modulari per controsoffitto a pannelli.

I diffusori sono installati a controsoffitto, mediamente a 3,10 m di altezza dal pavimento, per come dimensionati e collocati coprono l'ambiente, avendo penetrazione verticale, per la portata da progetto, pari a 3,30 m circa raggiungeranno gli occupanti con velocità inferiore a 0,38 m/s circa.



*Figura 5 - tipo di diffusore da installare*

In condizioni estive si potranno aumentare portate e velocità attraverso l'aumento della velocità dei ventilatori di cui la macchina è corredata (da 2V a 3V), ed agire sui diffusori variando la regolazione.

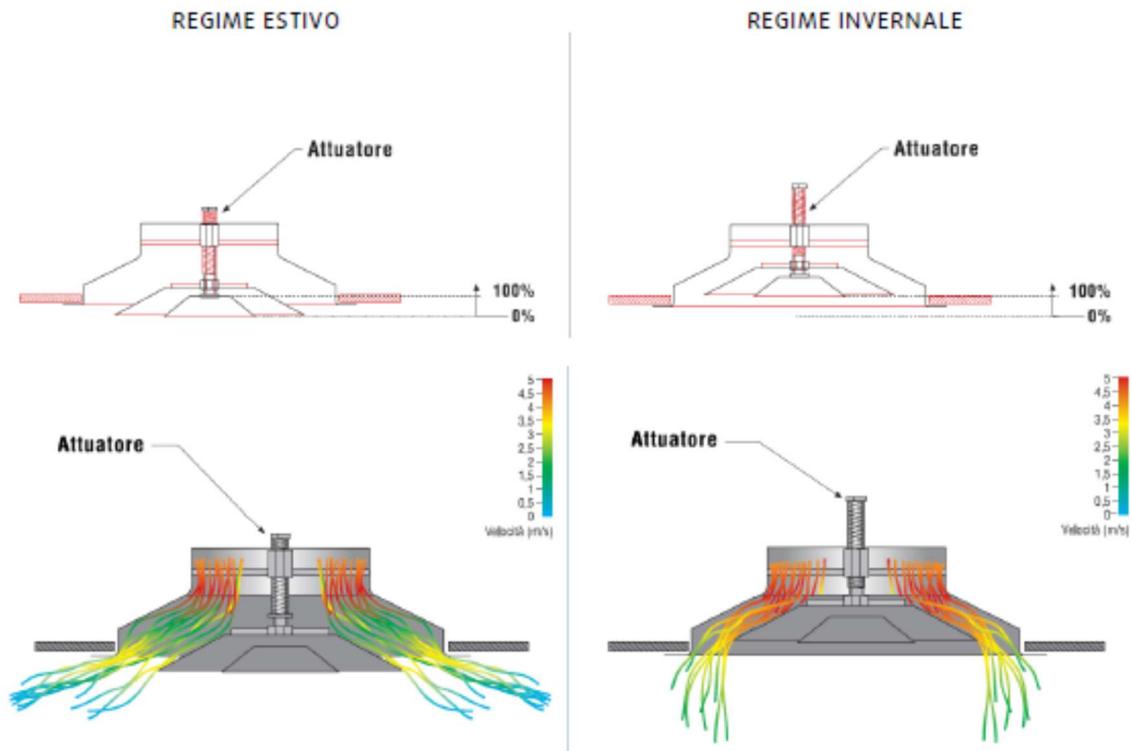
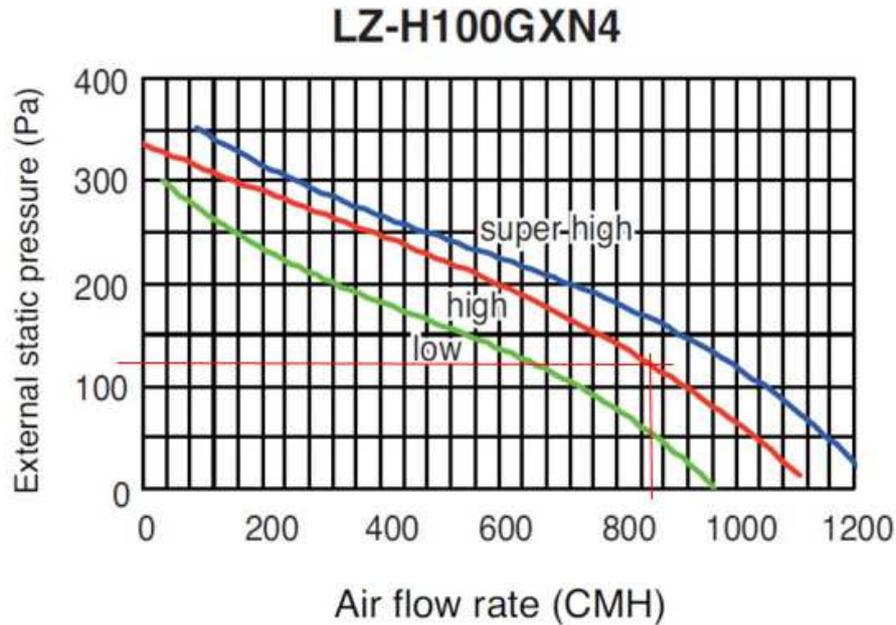


Figura 6 – diffusori: diverse regolazioni

La prestazione attesa è il miglioramento della qualità dell'aria indoor, garantendo il corretto ricambio d'aria, ciò permette nei casi di significativo affollamento la riduzione dell'umidità relativa, la riduzione della CO<sub>2</sub> nell'ambiente, senza creare correnti d'aria incontrollate con eccessivo salto termico.

Le macchina da installare soddisfa le prestazioni richieste.



Regolata a velocità 2, tenuto conto della prevalenza richiesta forniscono una portata d'aria di circa 830 m<sup>3</sup>/h, superiore alla richiesta.

La taglia della macchina è stata scelta in modo da soddisfare le portate richieste alla velocità intermedia, in modo tale da contenere la rumorosità.

La macchina dovrà essere dotata di filtri in classe ePM10 50% (ex M5) su ripresa ambiente ed ePM1 70% (ex F7) su presa aria esterna, pur essendo la qualità dell'aria esterna classificabile ODA 1, i filtri garantiscono l'abbattimento di eventuali polveri, pollini ed altri inquinanti presenti in atmosfera, i filtri dovranno essere puliti regolarmente.

La macchina deve essere dotata di pannello remoto di controllo, che permette accensione e arresto, regolazione della velocità, by-pass, segnalazione allarmi, quali intasamento filtri, sbrinamento pacco di scambio.