




Dott. Ing. SANDRO FAVERO
n. 1403 Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Venezia

EXPO MILANO 2015 PADIGLIONE DEL CHILE *Progetto Esecutivo*

<i>progettista:</i> UNDURRAGA DEVES ARQUITECTOS Arch. principale: Cristiàn Undurraga Coord. progetto: Sebastiàn Mallea <small>Av. Presidente Errazuriz 2999-Z - 7550356 Las Condes - Santiago - Chile +56.2.9989655 - sebastianmallea@undurragadeves.cl</small>	<i>progettista del percorso espositivo:</i> EL OTRO LADO Responsabile: Eugenio Garcia	elaborazione: 15 luglio 2014
		ultima revisione: -----
		disegnato: TFE
<i>architetto incaricato:</i> PROGETTISTI ASSOCIATI ARCHITETTURA SRL Arch. principale: Hugo Sillano Collaboratori: Marta Garlati, Federica Pugliese <small>milano, via lampedusa 13 - 02.84703425 - architettura@progettistilassociati.com</small>	<i>strutture e impianti:</i> F&M INGEGNERIA SPA Ing. principale: Sandro Favero Collaboratori: Nico Marchiori <small>mirano, via belvedere 8/10 - 041.5785711 - expocile@fm-ingegneria.com</small>	controllato: S.F.
		scala: -----
descrizione: IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE E VENTILAZIONE Relazione tecnica impianto di cilmatizzazione e ventilazione meccanica		codice elaborato: C.2.1

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	5
2. RIEPILOGO GENERALE assunzioni e risultati DI PROGETTO	7
2.1. Acqua di condensazione: scambiatore di calore	8
2.2. Attestazioni alle reti delle acque a connessione diretta	8
3. INFORMAZIONI GENERALI	9
3.1. Riferimenti legislativi e normativi.....	9
3.2. Impatto ambientale.....	9
3.2.1. rumorosità	9
4. DATI E CRITERI GENERALI DI PROGETTO	10
4.1. Criteri di base.....	10
4.2. Parametri di riferimento.....	10
4.2.1. vincoli derivanti dalla destinazione d'uso degli ambienti	12
4.2.2. parametri funzionali degli impianti	12
4.2.3. ricambi orari d'aria esterna	13
4.2.4. parametri medi di calcolo dei carichi ambiente	14
4.2.5. livelli di rumorosità	15
5. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	15
5.1. impianto termico e condizionamento	16
5.1.1. sistema di produzione termofrigorifera	16
5.1.2. architettura degli impianti.....	17
5.1.3. Impianti negli ambienti.....	19
5.2. Sistema di Supervisione e Controllo.....	26
6. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO E DI SCELTA DEI COMPONENTI	26
6.1. Identificazione	26
6.2. Reti di distribuzione di acqua tecnica.....	27
6.3. Reti di distribuzione impianti ad espansione diretta.....	27
6.4. Reti aerauliche.....	29

1. PREMESSA

La presente relazione, unitamente agli elaborati grafici allegati, costituisce il progetto preliminare riguardante la costruzione del padiglione del Chile. Il fabbricato oggetto della presente relazione preliminare si configura come edificio espositivo temporaneo sulla base delle indicazioni della "Relazione Istruttoria" Regione Lombardia del 20 gennaio 2012.

Scopo del presente documento è l'illustrazione, delle scelte tecnico-impiantistiche nell'ambito della realizzazione degli impianti termo meccanici (HVAC, scarico delle acque reflue, servizi idrico sanitari), evidenziando le motivazioni ed i vincoli tecnici che hanno condotto alla adozione delle soluzioni proposte, il rispetto delle normative nazionali, locali e speciali di Expo.

Gli impianti oggetto della presente relazione sono i seguenti:

- a) sistemi di climatizzazione e rinnovo aria a servizio delle zone occupate da persone**
- b) sistemi di controllo termico per aree tecnologiche**
- c) reti acqua di condensazione
- d) reti di distribuzione aria, fluidi termo vettori e elementi terminali di scambio e diffusione**
- e) impianto di regolazione e supervisione**
- f) impianto idrico
- g) sistemi di produzione di acqua calda sanitaria
- h) apparecchi sanitari
- i) reti di scarico dedicate alla cucina
- j) reti di scarico dedicate ai servizi igienici
- k) scarichi esterne e rete acque meteoriche
- l) impianto di irrigazione aree esterne
- m) impianto spegnimento incendi ad acqua

Gli impianti di cui ai punti f-l) ed m) sono oggetto di separate relazioni dedicate, indicate con codice C3.1 e C4.1.

La costruzione dei nuovi impianti comporta la realizzazione delle opere di seguito elencate:

IMPIANTI MECCANICI

- a) Installazione in corrispondenza degli ambienti da climatizzare di unità interne di climatizzazione del tipo ad espansione diretta autonome ad armadio condizionatore condensate ad acqua

- b) Installazione in corrispondenza degli ambienti da climatizzare di unità interne di climatizzazione del tipo ad espansione diretta collegate a motocondensanti esterne
- c) Installazione di unità di rinnovo aria del tipo a recupero passivo a servizio di porzioni limitate di edificio
- d) Realizzazione delle canalizzazioni di distribuzione aria e terminali di diffusione e scambio
- e) Realizzazione di spazi tecnologici principali, al livello +0 e al livello +8, di cui:
 - al livello +0 in un volume ricavato al di sotto della rampa mobile atto ad accogliere lo scambiatore di interfaccia con la rete dell'acqua di condensazione, il sistema di pompaggio della stessa, il produttore termodinamico di Acqua Calda Sanitaria e il bollitore di accumulo,
 - al livello +8 a pavimento del corridoio tecnico in un volume atto ad accogliere il sistema di generazione termofrigorifera condensato ad acqua a servizio dei terminali ad espansione diretta per la climatizzazione della porzione destinata ad uffici e sala immersiva
 - al livello +8 in controsoffitto del corridoio tecnico è previsto da collocarsi il sistema di rinnovo aria forzato a servizio di uffici e sale espositive insieme al gruppo di unità di condizionamento ad espansione diretta canalizzate per il condizionamento della Sala Immersiva
 - al livello +8 su un pavimento grigliato posizionato a lato dell'auditorium, atto ad accogliere il sistema di generazione termofrigorifera condensato ad aria a servizio dei terminali ad espansione diretta per la climatizzazione della cucina e locali annessi e del produttore termodinamico di Acqua Calda Sanitaria
- f) Installazione dei sistemi di produzione di acqua calda sanitaria, del tipo termodinamico a recupero ad R-134a con relativo bollitore per lo stoccaggio di acqua calda a servizio della cucina e del tipo termodinamico a R-134a con bollitori a piccolo accumulo a servizio dei servizi igienici
- g) Realizzazione delle reti di distribuzione dell'acqua di condensazione a servizio degli armadi condizionatori e delle unità esterne acqua - aria ad espansione diretta
- h) Realizzazione delle reti di distribuzione del fluido operativo dei sistemi ad espansione diretta ad R-410A
- i) Realizzazione della rete di distribuzione dell'impianto idrico sanitario potabile e acqua sanitaria grezza
- j) Realizzazione della rete di scarico delle acque reflue dei servizi igienici e della cucina
- k) Realizzazione della rete di captazione e scarico delle acque meteoriche
- l) Realizzazione della rete di irrigazione aree verdi in genere
- m) opere di interfaccia con le forniture Expo
- n) Realizzazione dell'impianto di regolazione, controllo e supervisione ed interfaccia tra gli impianti termo meccanici ed elettrici

2. RIEPILOGO GENERALE ASSUNZIONI E RISULTATI DI PROGETTO

Vengono raccolte nella tabella seguente le consistenze delle utilities messe a disposizione dalle reti infrastrutturali EXPO a confronto con i valori di progetto del Padiglione.

Utility	Rete EXPO	Fabbisogno Padiglione
Potenza elettrica	385 kW	385 kW
Acqua di condensazione	7,4 l/s	5,2 l/s
Acqua potabile	0,8 l/s	0,8 l/s
Acqua sanitaria non potabile	1,8 l/s	1,2 l/s
Antincendio	6 l/s	2,5 l/s

Vengono raccolti nella seguente tabella le assunzioni prese a riferimento per lo sviluppo del progetto e alcuni risultati principali. Alcuni valori, con particolare riferimento agli indici di affollamento, possono differire rispetto a quanto riportato in altri elaborati facenti parte della documentazione del presente progetto; i valori qui riportati riguardano i valori di riferimento utili alle valutazioni relative alla climatizzazione degli ambienti.

Dato	Valore	Note
Portata acqua di condensazione lato EXPO	5,2 l/s	Valore limite 7,4 l/s
Temperature acqua di condensazione lato EXPO	25°C ingresso 33 °C uscita	23°C+2°C di progetto Salto termico 8°C < limite 10°C
Unità di condizionamento VRF condensata ad acqua ad espansione diretta	56 kW frigoriferi	acqua di condensazione 30°C÷35°C aria interna 26°C
	EER 4,7	
Armadi condizionatori sale espositive PT	7,1 kW frigoriferi	acqua di condensazione 30°C÷35°C aria interna 26°C
	EER 5,1	
Armadi condizionatori sala espositiva P1	8,5 kW frigoriferi	
	EER 4,7	
Unità di condizionamento VRF condensata ad aria ad espansione diretta	28 kW frigoriferi	aria esterna 35°C aria interna 26°C
	EER 4,0	
Produttore termodinamico di Acqua Calda Sanitaria	14 kW termici	recupero calore di condensazione unità VRF ad aria
	COP 4	
Unità di rinnovo aria a recupero termodinamico attivo	8,7 kW frigoriferi	aria esterna 35°C aria interna 26°C
	EER 4,3	
Condizioni termoigrometriche di progetto	26°C÷50%U.R.	Limitatamente al periodo estivo

Affollamento sale espositive	0,3 persone/m ²	requisito UNI 10339 par.9.1
Tasso di rinnovo aria sale espositive	25 m ³ /(h persona)	> requisito UNI 10339 par.9.1
Affollamento uffici singoli	0,11 persone/m ²	> requisito UNI 10339 par.9.1
Affollamento uffici open space	0,12 persone/m ²	requisito UNI 10339 par.9.1
Tasso di rinnovo aria uffici	40 m ³ /(h persona)	requisito UNI 10339 par.9.1
Affollamento Sala Immersiva	50 persone	Particolarizzato all'ambiente in esame
Tasso di rinnovo aria Sala Immersiva	25 m ³ /(h persona)	> requisito UNI 10339 par.9.1
Posizionamento prese aria esterna locali espositivi, uffici e Sala Immersiva	In facciata a 10 m dal suolo	> requisito UNI 10339 par.9.1
Posizionamento espulsione aria locali espositivi, uffici e Sala Immersiva	In facciata a 10 m dal suolo	In posizione conforme a UNI EN 13779 Allegato A
Affollamento Auditorium	70 persone	Particolarizzato all'ambiente in esame
Tasso di rinnovo aria Auditorium	25 m ³ /(h persona)	> requisito UNI 10339 par.9.1
Posizionamento prese aria Auditorium	In facciata a 4,5 m dal suolo	> requisito UNI 10339 par.9.1
Posizionamento espulsione aria Auditorium	In facciata a 10 m dal suolo	In posizione conforme a UNI EN 13779 Allegato A
Tasso di rinnovo aria Cucina	500 m ³ /h	10 vol/h
Posizionamento prese aria cucina	In facciata a 10 m dal suolo	> requisito UNI 10339 par.9.1
Posizionamento espulsione aria cucina	a 1 m dal piano di copertura	In posizione conforme a UNI EN 13779 Allegato A

2.1. Acqua di condensazione: scambiatore di calore

Tutte le forniture e le installazioni degli impianti sul lato utenza del padiglione sono direttamente a carico del Paese Espositore (Chile), compreso lo scambiatore e la valvola di regolazione a due vie sul lato EXPO.

Saranno oggetto della presente fornitura anche le tubazioni di collegamento lato rete infrastrutturale, a partire dallo scambiatore fino al punto di consegna costituito dal pozzetto contenente tutte le attestazioni alle reti.

2.2. Attestazioni alle reti delle acque a connessione diretta

Per l'attestazione alle reti di acqua ad uso igienico sanitario di qualità potabile, acqua ad uso igienico sanitario di qualità non potabile, acqua destinata a spegnimento incendi, saranno oggetto della presente fornitura tutte le tubazioni di collegamento, fino al punto di consegna costituito dal pozzetto contenente le attestazioni alle reti infrastrutturali.

3. INFORMAZIONI GENERALI

3.1. Riferimenti legislativi e normativi

La progettazione e la realizzazione degli impianti, gli apparecchi ed i componenti di cui al presente progetto saranno conformi alle norme tecniche e delle disposizioni di Legge riportate nella sede delle linee guida e specifiche tecniche rese disponibili da EXPO.

3.2. Impatto ambientale

3.2.1. rumorosità

I livelli di pressione sonora generati dall'impianto all'esterno dello stesso e in prossimità dei macchinari saranno compatibili con le norme vigenti al momento dell'accettazione dell'ordine.

In particolare saranno rispettati i limiti previsti dal DPCM 01/03/91 e dal D.P.R. 14/11/97 per quanto riguarda l'emissione verso l'esterno (sia come criterio differenziale che come criterio assoluto) e le indicazioni riportate nel Decreto Legislativo n. 277 del 15/08/91, del D.P.R. 05/12/1997 in materia di protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione al rumore, nonché le indicazioni della Legge 26/10/1995 n. 447.

Come da indicazione contenuta nel documento "Guidelines. Technical System Requirements", si assume quale classe di riferimento per la destinazione d'uso del territorio quella evidenziata nella tabella B del [D.P.R. 14/11/97](#), individuando come valori limite di emissione L_{eq} in dB(A) i seguenti:

Tabella B: valori limite di <i>emissione</i> - L_{eq} in dB(A) (art. 2)			
Classi di destinazione d'uso del territorio		Tempi di riferimento	
		Diurno (06.00-22.00)	Notturno (22.00-06.00)
I	aree particolarmente protette	45	35
II	aree prevalentemente residenziali	50	40
III	aree di tipo misto	55	45
IV	aree di intensa attività umana	60	50
V	aree prevalentemente industriali	65	55
VI	aree esclusivamente industriali	65	65

I sistemi di insonorizzazione saranno dimensionati in modo tale da limitare le componenti tonali ed impulsive, mentre la rumorosità nei vari ambienti di lavoro sarà compatibile con la tipologia di lavoro che verrà svolto.

4. DATI E CRITERI GENERALI DI PROGETTO

4.1. Criteri di base

L'edificio è costituito da zone a destinazioni d'uso caratterizzate da differenti esigenze di climatizzazione e rinnovo aria. Per garantire una erogazione di energia frigorifera commisurata alle esigenze istantanee degli ambienti, variabili in funzione delle sollecitazioni ambientali e degli affollamenti, sono state previste unità di climatizzazione dislocate in corrispondenza degli ambienti, ove possibile del tipo canalizzato e collocate in controsoffitto oppure in controparete in funzione delle zone e delle tipologie delle unità stesse. Le unità di erogazione in ambiente sono previste ad espansione diretta declinate in due esecuzioni principali:

- autonome ad armadio condizionatore di precisione dotate di circuito frigorifero a bordo e condensatore raffreddato ad acqua
- collegate ad una unità motocondensante esterna

Per la generazione di energia frigorifera è stato fatto ricorso per quanto possibile ad unità con condensatore raffreddato ad acqua; l'acqua di raffreddamento dei condensatori è prevista convogliata alle unità interne mediante un anello di distribuzione facente capo allo scambiatore di interfaccia con la rete generale dell'EXPO; il sistema di pompaggio lato utenza è previsto a portata variabile per il contenimento dell'energia spesa per l'azionamento del motore elettrico. Sono state previste unità esterne di condizionamento con condensatore raffreddato ad aria solo quando suggerito da considerazioni di convenienza tecnologica. Particolare attenzione è stata posta nella scelta dei gruppi frigoriferi, sia nei riguardi dei rendimenti di funzionamento (Energy Efficiency Ratio) adottando macchine caratterizzate da elevati valori, sia in regime di funzionamento a pieno carico che parzializzato; in riferimento ai fenomeni legati all'utilizzo di refrigeranti sintetici, si è previsto l'utilizzo di gas ad ODP nullo e ridotto GWP.

Per conseguire il rinnovo dell'aria controllato, le zone espositive, gli uffici e l'auditorium sono dotate di unità a recupero termodinamico in grado di portare l'aria esterna in condizioni neutre; l'aria così pretrattata viene quindi inviata nelle zone di aspirazione delle unità di climatizzazione, dove si miscela con una quota parte di aria ambiente e viene trattata dalle unità di climatizzazione. Le unità canalizzate distribuiscono l'aria di condizionamento e di rinnovo mediante condotti; l'immissione di aria in ambiente (sia di rinnovo sia di climatizzazione) è prevista realizzata mediante sistemi di diffusione differenziati a seconda delle zone: ugelli a lancio profondo nelle sale espositive, diffusori a bassa velocità nell'auditorium, griglie o bocchette lineari negli ambienti confinati di ridotte dimensioni. Per le zone dove è necessario contenere l'invasività dei sistemi di climatizzazione dell'aria, nello specifico la sala proiezione, l'immissione dell'aria è realizzata mediante canali microforati a pulsione.

4.2. Parametri di riferimento

Si riportano, a titolo indicativo, i principali parametri di riferimento e le condizioni standard di progetto

parametro	valore
ubicazione e dislivello:	Milano, 122 m s.l.m.
destinazione prevalente degli ambienti:	Edificio per esposizioni
condizioni termoigrometriche di riferimento:	T. esterna massima: +34°C ÷ 48 % U.R.
	condizione limite estiva: +30°C ÷ 80% U.R.
	T. esterna minima: -5°C ÷ 90% U.R.
dati metrici dell'edificio:	
cubatura lorda	6850 m ³
piano e destinazione:	
terra: servizi pubblici	18 m ²
terra: cucina e annessi	76 m ²
terra: deposito shop	4 m ²
terra: vani di servizio	26 m ²
primo: vani di servizio	74 m ²
primo: foyer	60 m ²
primo: esposizioni	200 m ²
primo: sala proiezioni	250 m ²
secondo: auditorium	105 m ²
secondo: esposizioni	125 m ²
secondo: uffici	125 m ²
caratteristiche strutture edilizie:	
trasmittanza pareti verticali opache	0,43 W/(m ² K)
trasmittanza pavimenti disperdenti	0,42 W/(m ² K)
trasmittanza coperture	0,36 W/(m ² K)
trasmittanza serramenti complesso vetro+telaio	1,7 W/(m ² K)
trasmittanza serramenti solo vetro	1,3 W/(m ² K)
Coefficiente di shading dei vetri	0,4
potenze impegnate per il raffrescamento:	
portata aria esterna di progetto	8000 m ³ /h
pot. per neutralizzazione aria senza recupero	60 kW
apporti massimi estivi, compreso carico interno	100 kW
totale estivo	160 kW
acqua calda sanitaria	
pot. per produzione acqua calda sanitaria.	14 kW
fabbisogno elettrico impianti termomeccanici	
Massima totale elettrica impianti meccanici	60 kW

Le valutazioni tecniche relative ai fabbisogni di potenza, energia, fluidi termo vettori, fluidi di consumo, ecc. sono svolte sulla base delle normative disponibili, in conformità alle indicazioni di Legge generale e speciale.

4.2.1. vincoli derivanti dalla destinazione d'uso degli ambienti

Vista la destinazione d'uso prevalente degli ambienti considerati, il vincolo principale è rappresentato dalla richiesta di controllo delle condizioni ambientali in relazione alla variabilità dell'affollamento, sia per quanto riguarda i valori di temperatura ed umidità che per la purezza dell'aria.

4.2.2. parametri funzionali degli impianti

Per le macchine operanti con condensatori raffreddati ad acqua, la rete appartenente alle infrastrutture veicola acqua con temperatura di riferimento $+23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$; la portata disponibile per il lotto S34 ammonta a 7,4 l/s. Il prelievo dalla rete di energia Expo da destinare al raffreddamento dei condensatori, definito in progetto in 5,2 l/s, è realizzato mediante uno scambiatore di interfaccia; la portata è regolata da una valvola di modulazione a due vie e la pompa lato utenza è prevista a velocità di rotazione variabile; le portate sono state stabilite in modo da garantire la restituzione con i differenziali termici fissati da Expo, quindi non superiori a 10°C . Il prelievo è previsto a portata variabile, in funzione dell'effettiva necessità delle utenze.

Le condizioni di progetto dell'aria interna agli ambienti sono in estate $+26^{\circ}\text{C} \div 50\% \text{U.R.}$; la temperatura interna agli ambienti di riferimento per le considerazioni relative al periodo invernale è $+20^{\circ}\text{C}$.

Le unità previste operanti con condensazione ad acqua e i valori di efficienza dichiarati sono raccolti nella seguente tabella:

tipo di unità condensata ad acqua	EER	lato dissipazione	COP	lato prelievo
Armadio condizionatore taglia 7 kW frigoriferi	5,1	in $+30^{\circ}\text{C}$ out $+35^{\circ}\text{C}$	[-]	[-]
Armadio condizionatore taglia 8,5 kW frigoriferi	4,7	in $+30^{\circ}\text{C}$ out $+35^{\circ}\text{C}$	[-]	[-]
Espansione diretta VRF	4,7	in $+30^{\circ}\text{C}$ out $+35^{\circ}\text{C}$	5,9	in $+20^{\circ}\text{C}$ out $+15^{\circ}\text{C}$

Gli armadi condizionatori sono dotati di ciclo frigorifero a bordo ad espansione diretta con condensazione ad acqua; il modello previsto è dotato di batteria ad acqua calda come predisposizione per un eventuale futuro utilizzo in regime invernale, nel caso dovrà essere previsto un sistema di generazione di energia termica esterno all'armadio. È prevista l'installazione di n°7 unità ad armadio della potenza nominale di 7,1 kW frigoriferi cadauna e di n°2 unità ad armadio, della potenza nominale di 8,5 kW frigoriferi cadauna.

Il sistema ad espansione diretta VRF previsto al servizio della zona sala immersiva/uffici è del tipo a funzionamento invertibile raffrescamento/riscaldamento a due tubi, essendo a servizio di una zona per la quale è previsto un carico termico dello stesso segno in ogni ambiente. L'unità presenta una potenza nominale in raffreddamento di 56 kW e in riscaldamento di 63 kW.

Per tutte le unità ad acqua da installare nell'edificio è prevista lato utenza una portata d'acqua di $30000 \text{ l/ora} \div 8,3 \text{ l/s}$ adottando un salto termico di 5°C .

Le unità previste operanti con condensazione ad aria e i valori di efficienza dichiarati sono raccolti nella seguente tabella:

tipo di unità condensata ad aria	EER	Ingresso aria lato dissipazione	COP	Ingresso aria lato prelievo
Unità di ventilazione a recupero	4,3	+26	6,0	+20
Espansione diretta VRF	4,0	+35°C	4,3	+7°C

Le unità di ventilazione a recupero sono dotate di un recuperatore a piastre ad alta efficienza e di un gruppo invertibile refrigeratore/pompa di calore a compressione di vapori installato a bordo. Le unità operano come un gruppo aria – aria; durante il periodo estivo funzionano come un refrigeratore, ma l'aria di raffreddamento del condensatore è prelevata dall'ambiente interno e, provenendo da ambienti condizionati, è temperata, in condizioni energeticamente molto più favorevoli al raffreddamento rispetto all'aria esterna. Il circuito frigorifero è del tipo invertibile; durante il periodo invernale le unità funzionano in pompa di calore, ma l'aria per il riscaldamento dell'evaporatore è prelevata dall'ambiente interno ed è più calda rispetto all'aria esterna, in condizioni più favorevoli al riscaldamento. Sono previste n°4 unità della taglia da $1500 \text{ m}^3/\text{h}$ in grado di fornire in condizioni nominali ciascuna 8,7 kW frigoriferi e 9,6 kW termici

Il sistema ad espansione diretta VRF previsto per la climatizzazione di cucina, locali di servizio al piano terra, deposito shop e produttore di Acqua Calda Sanitaria è del tipo a funzionamento invertibile raffrescamento/riscaldamento a tre tubi, avendo la possibilità di fornire energia frigorifera ad un ambiente che richiede raffrescamento e contemporaneamente energia termica ad un ambiente che richiede riscaldamento. L'unità presenta una potenza nominale in raffreddamento di 28 kW e in riscaldamento di 31,5 kW. La possibilità di soddisfare carichi contemporanei di segno differente è efficacemente utilizzata dal dispositivo previsto per recuperare il calore di condensazione, valorizzato mediante un circuito in pompa di calore dedicato aggiuntivo, e produrre acqua calda sanitaria.

4.2.3. ricambi orari d'aria esterna

ambienti in genere

Per gli ambienti destinati ad ufficio viene previsto un tasso di ricambio medio dell'aria pari a 1,3 vol/h mentre nelle zone climatizzate adibite ad esposizione viene previsto un tasso di ricambio medio dell'aria pari a 2 vol/h; per l'auditorium, in regione del maggiore affollamento atteso, il tasso di ricambio previsto è 4 vol/h.

Indipendentemente dalle indicazioni sopra esposte, nelle zone permanentemente occupate verrà in ogni caso assicurato un **rateo di aria esterna** per persona non inferiore a 11 l/s/persona (40 m³/h) mentre nelle zone aperte al pubblico, a periodo di occupazione atteso relativamente breve, un rateo di aria esterna per persona non inferiore a 7 l/(s persona) (25 m³/h), superiori ai valori di rispetto della UNI 10339.

La velocità residua dell'aria immessa dagli impianti di condizionamento sarà, in mancanza di indicazioni diverse, inferiore a 0,2 m/s, a livello degli occupanti.

cucina

Per l'ambiente cucina, che risulta aperto verso la zona del piano terra, è previsto un sistema di immissione aria esterna "pulita", da impianto di condizionamento, in ragione di ca. 500 m³/h, con funzione di separazione rispetto alle aree limitrofe, per evitare ingresso di aria potenzialmente contaminata, mentre la zona "cottura" viene prevista equipaggiata di un sistema cappa compensata (non oggetto della presente fornitura).

Tasso di rinnovo aria Cucina	500 m ³ /h	10 vol/h
Posizionamento prese aria cucina	In facciata a 10 m dal suolo	> requisito UNI 10339 par.9.1
Posizionamento espulsione aria cucina	a 1 m dal piano di copertura	In posizione conforme a UNI EN 13779 Allegato A

locali ad uso igienico sanitario

L'estrazione dell'aria **dai WC** è assolta mediante gli estrattori previsti in corrispondenza dei WC, conformi alla prescrizione di cui alla UNI 10339 Prospetto III nota A. Sono assicurati ratei di rinnovo pari a ca. 8 vol/h continuativi.

L'estrazione **dell'aria spogliatoi** piano terra è assolta mediante gli estrattori previsti in corrispondenza dei WC - docce, conformi alla prescrizione di cui alla UNI 10339. Sono assicurati ratei di rinnovo pari a ca. 6 vol/h continuativi.

L'estrazione **dell'aria spogliatoi** piano primo è assolta mediante il sistema di ventilazione meccanica controllata a servizio degli ambienti limitrofi,, conformi alla prescrizione di cui alla UNI 10339. Sono assicurati ratei di rinnovo pari a ca. 6 vol/h continuativi.

area stoccaggio rifiuti

Per questa zona deve essere prevista a livello edilizio una apertura di aerazione, di dimensioni non inferiori a 0,1 m², sfociante sul tetto, ad altezza di almeno 1 m dalla copertura, in posizione distanziata dai punti di presa aria esterna per climatizzazione.

4.2.4. parametri medi di calcolo dei carichi ambiente

I valori di affollamento assunti sono riportati nella seguente tabella in funzione delle destinazioni d'uso degli ambienti:

Destinazione d'uso	Affollamento
Ufficio open space	8 m ² /persona
Uffici singoli	9 m ² /persona
esposizioni	3,3 m ² /persona
auditorium	70 persone
Sala immersiva	50 persone

Per la definizione delle potenze frigorifere da installare, oltre alla presenza delle persone è stato conteggiato all'interno dei vari ambienti un carico termico endogeno sensibile in funzione delle destinazioni d'uso; i valori assunti sono riportati nella tabella seguente:

Destinazione d'uso	Carichi interni [W/m ²]
uffici open space	15
uffici singoli	20
esposizioni	25
auditorium	10

4.2.5. livelli di rumorosità

La rumorosità nei vari ambienti di lavoro sarà compatibile con la tipologia di lavoro che verrà svolto. Per la misura e la valutazione della rumorosità prodotta negli ambienti dagli impianti si farà riferimento alla norma UNI 8199.

5. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Gli impianti a servizio del fabbricato sono relativi ai seguenti servizi:

- stazione di pompaggio e sistema di interfaccia con la rete infrastrutturale dell'acqua di condensazione
- elementi terminali di scambio ad armadio condizionatore dislocati nelle zone esposizione, sala proiezione, auditorium
- centrale di produzione termofrigorifera a servizio di cucina, deposito shop e locali di servizio
- centrale di produzione termofrigorifera a servizio di uffici e sala Immersiva
- sistemi di rinnovo aria a recupero termico dedicati a zone limitate
- sistemi di distribuzione aria di climatizzazione e rinnovo a servizio di ciascuna zona

- elementi terminali di scambio ad espansione diretta a servizio di cucina, shop, uffici e sala Immersiva
- sistema di produzione acqua calda sanitaria con ciclo frigorifero a recupero del calore di condensazione dall'unità di climatizzazione condensata ad aria
- impianto idrico sanitario a servizio dei gruppi sanitari
- reti di scarico a servizio dei locali igienico sanitari e dei singoli apparecchi, fino a sifone esterno fabbricato
- rete di scarico a servizio cucina, fino a condensagrassi esterno
- rete di captazione e scarico delle acque meteoriche
- impianto e rete di irrigazione aree verdi in genere
- opere di interfaccia con le forniture Expo

5.1. impianto termico e condizionamento

5.1.1. sistema di produzione termofrigorifera

Il sistema di climatizzazione e produzione di Acqua Calda Sanitaria in progetto è caratterizzato da un decentramento dei sistemi di produzione, essendo previste unità autonome ad armadio condizionatore dislocate in prossimità delle aree di pertinenza, tuttavia sono individuabili n°3 zone dove sono principalmente raccolte le apparecchiature di interfaccia con le reti di infrastruttura EXPO, i pompaggi, le unità esterne VRF, le unità di rinnovo aria a recupero; le zone in oggetto possono indentificarsi in: locale tecnico al piano terra sotto rampa mobile, corridoio tecnico a livello + 8 m, spazi tecnici in prossimità dell'Auditorium.

Il locale tecnico al piano terra sotto rampa mobile è atto ad accogliere:

- lo scambiatore di interfaccia con la rete di infrastruttura per l'acqua di condensazione
- il sistema di pompaggio dell'acqua di condensazione lato utenza
- il gruppo per la produzione dell'acqua calda sanitaria a recupero
- il bollitore di accumulo dell'acqua calda sanitaria
- il sistema di filtrazione dell'acqua sanitaria potabile
- il sistema di filtrazione dell'acqua sanitaria non potabile

Il corridoio tecnico al livello + 8 m è atto ad accogliere:

- l'unità esterna VRF condensata ad acqua, collocata entro apposito vano ricavato nel volume della sala immersiva
- le unità di rinnovo aria a recupero, a servizio delle zone espositive e della zona uffici, collocate in controsoffitto

- le unità di condizionamento ad espansione diretta a servizio della Sala Immersiva collocate in controsoffitto
- Il ventilatore di estrazione del calore dei proiettori, collocato in controsoffitto

A livello + 8 m è altresì posizionato un pavimento tecnico interamente all'aperto, collocato a lato dell'auditorium, dove è posizionata l'unità esterna VRF condensata ad aria. All'interno dello spazio sotto il palco dell'auditorium, infine, sono collocate n° 2 unità di rinnovo aria a recupero, dedicate ad auditorium e foyer.

5.1.2. architettura degli impianti

Per il controllo delle condizioni microclimatiche nelle zone climatizzate accessibili al pubblico, quali sale espositive ed auditorium, sono state previste unità autonome ad espansione diretta condensate ad acqua del tipo ad armadio condizionatore di precisione installate entro apposite intercapedini ricavate a parete. L'erogazione in ambiente di energia frigorifera avviene mediante aspirazione di aria ambiente prelevata attraverso griglie, raffreddata direttamente dall'evaporatore a bordo e reinviata in ambiente mediante diffusori ad ugello a lancio profondo. L'esecuzione costruttiva individuata per all'impiego specifico è costituita da unità che aspirano aria ambiente dal lato inferiore e la mandano dal lato superiore; il prelievo dell'aria dall'ambiente viene effettuato mediante griglie di ripresa e la diffusione mediante ugelli a lancio profondo. Gli armadi condizionatori sono dotati di ventilatore azionato da motore a controllo elettronico, in grado di modulare la portata in funzione delle effettive esigenze istantanee di raffrescamento. Le aspirazioni e le mandate delle unità sono previste adeguatamente insonorizzate; l'aspirazione mediante una cassa insonorizzata rivestita di materiale poroso racchiuso da una lamiera forata, la mandata mediante un plenum insonorizzato e l'inserimento di setti silenziatori. Ciascuna unità è collegata alla rete di distribuzione mediante tubazioni di opportuno diametro; la portata d'acqua viene regolata mediante valvola a due vie, comandata da un sistema di regolazione a bordo macchina. Tutte le unità ad armadio condizionatore condensate ad acqua sono servite da una rete di distribuzione idronica in cui la circolazione è indotta da una unica pompa a portata variabile collocata nel locale tecnico sotto rampa mobile, insieme allo scambiatore di interfaccia con la rete di infrastruttura EXPO.

Per la climatizzazione della zona uffici, della Sala Immersiva e delle sale controllo sono stati previsti sistemi ad espansione diretta di tipo Variable Refrigerant Flow con unità interne ad espansione diretta. Le unità interne sono previste in esecuzione a parete per le Sale controllo, in esecuzione canalizzata per uffici e Sala Immersiva. La distribuzione dell'aria di climatizzazione è prevista da realizzarsi mediante griglie negli uffici, mentre per la Sala Immersiva, in considerazione della peculiarità dell'ambiente, la diffusione dell'aria è prevista da effettuarsi mediante canali microforati a pulsione. Le unità di condizionamento interne in argomento sono collegate mediante tubazioni veicolanti R-410A ad una unità motocondensante esterna con condensatore raffreddato ad acqua, del tipo a due tubi e a funzionamento

invertibile per raffrescamento o riscaldamento in commutazione. L'acqua impiegata per il raffreddamento del condensatore di detta unità è derivata dalla medesima rete di distribuzione a servizio degli armadi condizionatori.

Tutte le reti di distribuzione dell'acqua di condensazione sono previste da realizzarsi in acciaio nero e isolate con guaine in elastomero con finitura in lamierino di alluminio nei tratti a vista; spessori di isolamento definiti secondo Legge e con funzione anticondensa.

L'unità di condizionamento a servizio di cucina e shop è prevista del tipo VRF condensato ad aria, in esecuzione a tre tubi e in grado di provvedere a raffrescamento e riscaldamento anche contemporanei; detto sistema è impiegato anche per la produzione di acqua calda sanitaria. Il sistema di distribuzione a tre tubi veicola in ogni momento il fluido operativo R-410A allo stato di vapore caldo, vapore freddo e liquido: il vapore caldo è utile al riscaldamento; il liquido è utile, previa laminazione a bordo unità interna, al raffrescamento; il vapore freddo costituisce la via di ritorno dalla unità interna alla unità esterna. L'alimentazione alle unità interne con il fluido nello stato più opportuno è gestito da speciali cassette di distribuzione. Il sistema consente di operare a recupero trasferendo energia termica dal circuito che richiede freddo (che sottrae calore all'ambiente da climatizzare) al circuito che richiede caldo (che fornisce calore all'ambiente da climatizzare); questa caratteristica è impiegata con successo per eseguire il raffreddamento degli ambienti e il contemporaneo riscaldamento dell'evaporatore del modulo produttore termodinamico di Acqua Calda Sanitaria. Il modulo per la produzione di acqua calda ad alta temperatura è dotato di un sistema a pompa di calore a bordo che realizza un ciclo frigorifero inverso a compressione di vapori utilizzando come frigorigeno il fluido R-134a; il dispositivo opera in secondo stadio di temperatura, con evaporatore riscaldato dal calore di condensazione della unità di climatizzazione e condensatore agente su uno stoccaggio di acqua sanitaria. Il secondo ciclo a compressione di vapori in cascata termodinamica consente di sfruttare il calore di condensazione che altrimenti andrebbe dissipato nell'ambiente esterno; inoltre la produzione di acqua calda di consumo viene svincolata come livello termico dal sistema HVAC e viene comunque prodotta con utilizzo di quota parte di fonti rinnovabili. L'acqua Calda Sanitaria viene stoccata entro un bollitore da 1000 litri, dal quale prende origine la rete di distribuzione alle utenze. La temperatura di mandata alle utenze può essere differenziata a seconda che si tratti di bagni od uso cucina, prevedendo un miscelatore termostatico sul ramo dedicato ai servizi igienici e il ramo dedicato alla cucina in collegamento diretto. La rete di distribuzione dedicata ai Servizi Igienici è provvista di ricircolo.

La distribuzione alle unità di erogazione ai terminali in espansione diretta, collegati ai sistemi VRF, andrà realizzata mediante tubazioni di rame preisolato specifico per impieghi con fluidi frigorigeni in impianti di climatizzazione.

Per le zone che prevedono presenza prolungata di persone sono previsti sistemi di rinnovo aria che immettono aria pulita prelevata dall'ambiente esterno; per auditorium, zone espositive e uffici l'aria nuova viene temperata fino a condizioni neutre dalle unità a recupero, viene poi inviata alla zona di aspirazione delle unità di condizionamento dove subisce un ulteriore trattamento di raffreddamento con deumidificazione prima di essere immessa in ambiente. Per la Sala Immersiva l'aria prelevata dall'esterno viene aspirata direttamente dalle

unità di condizionamento canalizzate, che possono operare in parziale ricircolo fino al 20%÷25% di aria esterna.

Per gli ambienti che ospitano i servizi igienici è prevista una estrazione forzata dell'aria.

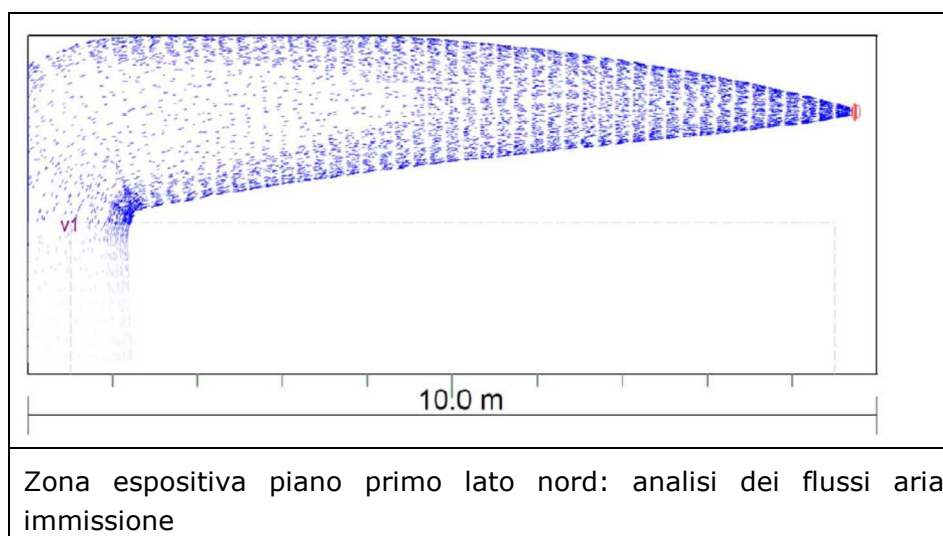
5.1.3. Impianti negli ambienti

Vengono di seguito riportate le specificità delle soluzioni previste in funzione delle diverse zone.

Le **zone espositive** sono servite da unità ad armadio condizionatore autonome, in numero di due per ciascun vano. L'aspirazione dell'aria ambiente è prevista mediante griglie collocate nella zona inferiore della parete; nel plenum di aspirazione delle unità è prevista l'immissione di aria nuova pretrattata da unità di Ventilazione Meccanica Controllata a recupero termodinamico attivo. La miscela di aria ambiente ed aria nuova subisce un trattamento di raffreddamento e deumidificazione regolato in funzione della temperatura e dell'umidità dell'aria rilevata da sonda; l'aria trattata è immessa nell'ambiente mediante ugelli a lancio profondo.

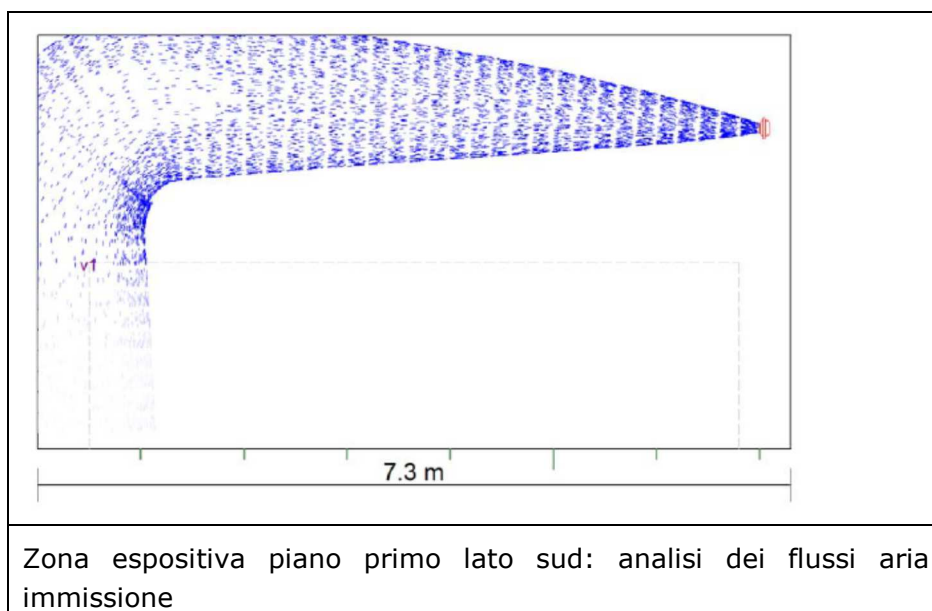
L'immissione dell'aria nuova nelle zone espositive avviene sul plenum delle unità di condizionamento e la diffusione dell'aria in ambiente è realizzata in concomitanza con l'aria di climatizzazione; anche l'aspirazione dell'aria viziata è prevista eseguita dal plenum delle unità di climatizzazione.

Per la zona espositiva al piano terra la portata di aria di rinnovo è prevista in 1000 m³/h; derivata dalla medesima unità di rinnovo a recupero termodinamico attivo collocato nel controsoffitto del corridoio tecnico al livello +8m, a servizio anche del sovrastante corpo uffici.

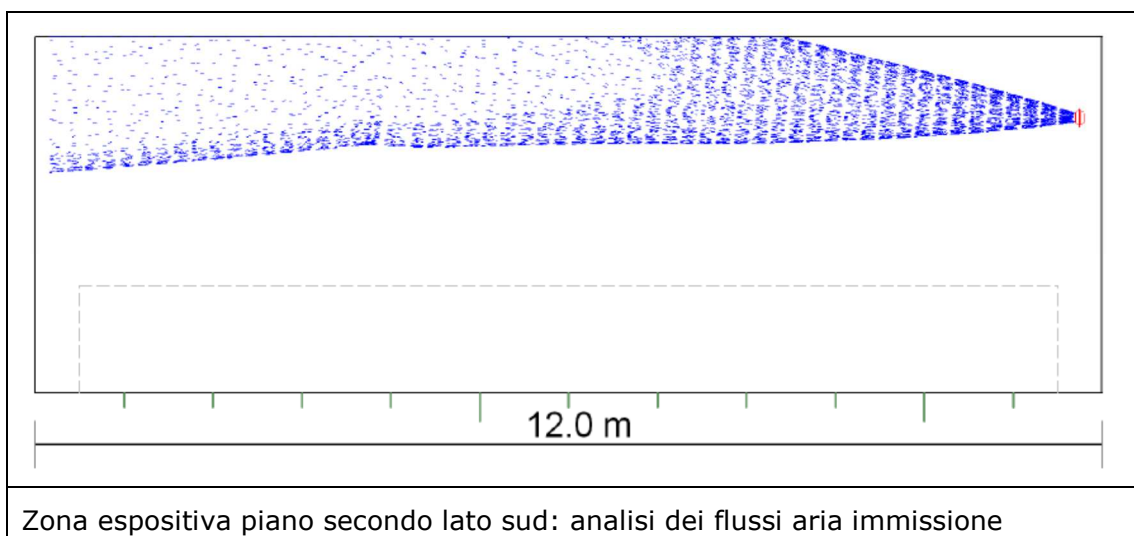


Prendendo in esame una lunghezza di riferimento di 10 m, l'analisi dei flussi di immissione mediante ugelli dell'aria trattata, nell'entità di 3200 m³/h, mostra che le zone che possono essere occupate da persone per periodi di tempo relativamente prolungati non sono interessate da velocità eccessive dell'aria di immissione

Per il rinnovo dell'aria delle zone esposizioni situate al piano primo e secondo in prossimità del lato sud dell'edificio è previsto il ricorso a un recuperatore termodinamico attivo collocato a controsoffitto del corridoio tecnico al livello +8m, canalizzato fino a raggiungere le zone di competenza. Il recuperatore è previsto nella taglia da 1500 m³/h nominali, di cui ca. 500 m³/h sono previsti da inviare alla sala al piano primo e ca. 800 m³/h nella sala al piano secondo.

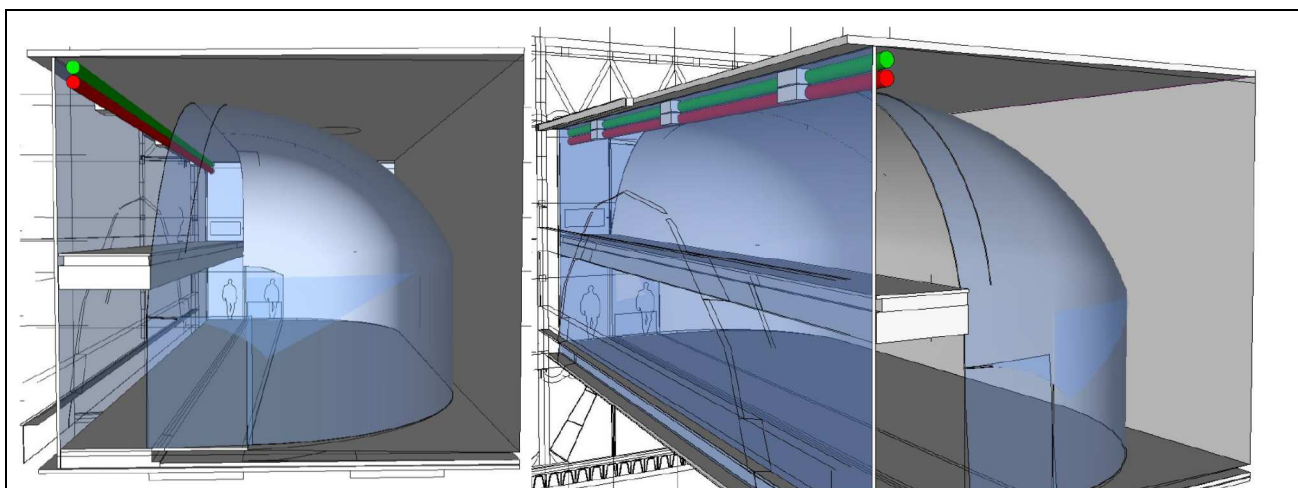


Prendendo in esame una lunghezza di riferimento di 7,3 m per la sala al piano primo confinante con il foyer, l'analisi dei flussi di immissione mediante ugelli dell'aria trattata, nell'entità di 3200 m³/h, mostra che le zone che possono essere occupate da persone per periodi di tempo relativamente prolungati non sono interessate da velocità eccessive dell'aria di immissione



Prendendo in esame una lunghezza di riferimento di 12 m per la sala al piano secondo lato sud, l'analisi dei flussi di immissione mediante ugelli dell'aria trattata, nell'entità di 3500 m³/h, mostra che le zone che possono essere occupate da persone per periodi di tempo relativamente prolungati non sono interessate da velocità eccessive dell'aria di immissione

La **Sala Immersiva** è servita da quattro unità ad espansione diretta facenti capo all'unità esterna VRF condensata ad acqua e collocate in controsoffitto del corridoio tecnico al livello +8 m, che aspirano aria dall'ambiente mediante una griglia collocata al livello del piano di calpestio estendentesi per tutta la lunghezza del corridoio e, dopo averne eseguito il trattamento, la reimmettono nell'ambiente mediante un sistema di canali microforati a pulsione del tipo twin, con canale primario e secondario. Il rinnovo dell'aria è previsto da realizzarsi mediante una presa d'aria direttamente sull'ambiente esterno da ricavarsi sul condotto di aspirazione delle unità di condizionamento, le quali sono in grado di funzionare a parziale ricircolo fino ad un percentuale massima del 20%÷25% di aria esterna. È previsto inoltre un ventilatore di estrazione in prossimità dei proiettori, in modo da catturare direttamente parte del calore di convezione delle lampade di proiezione..



Viste assonometriche dei canali a pulsione twin a servizio della sala immersiva

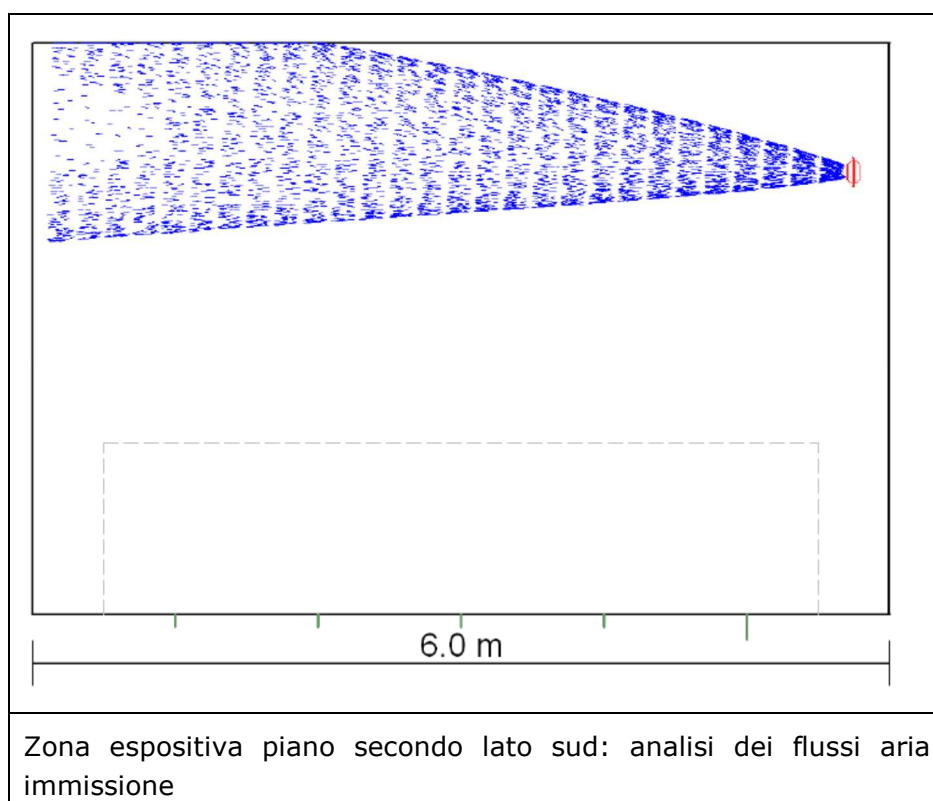
La distribuzione dell'aria in ambiente è oggetto di studio da parte del fornitore delle canalizzazioni, progettate e costruite secondo tecnologia proprietaria; la portata totale di progetto prevista per l'aria di climatizzazione è di $8500 \text{ m}^3/\text{h}$, in considerazione della quota parte di aria esterna accettata in aspirazione dalle unità ad espansione diretta, è possibile immettere aria nuova per un valore massimo di ca. $2000 \text{ m}^3/\text{h}$.

Le **sale controllo** della Sala Immersiva sono servite da unità ad espansione diretta facenti capo all'unità esterna VRF condensata ad acqua. Le unità di climatizzazione interne sono previste installate a parete. Il rinnovo dell'aria è previsto da realizzarsi in comune con le zone espositive sul lato sud, mediante una derivazione di $200 \text{ m}^3/\text{h}$ totali per le due sale dalle canalizzazioni facenti capo alla unità a recupero collocata in controsoffitto del corridoio tecnico al livello +8 m.

L' **auditorium** è servito da due unità ad armadio condizionatore autonome, collocate sotto gradonata, che aspirano aria dall'ambiente mediante griglie ricavate sul fronte delle gradonate in prossimità delle sedute e la reimmettono dopo trattamento mediante dispositivi di immissione a dislocamento alimentati mediante due plenum ricavati in due fasce laterali sotto la gradonata. Il plenum andrà insonorizzato mediante rivestimento di materiale poroso racchiuso da una lamiera forata. Il rinnovo dell'aria è previsto da realizzarsi mediante due unità a recupero termodinamico attivo collocate nello spazio al di sotto del palco, provviste di presa aria ed espulsione in facciata, della portata di $1500 \text{ m}^3/\text{h}$ ciascuna. Della portata totale elaborata dalle due macchine, circa $2000 \text{ m}^3/\text{h}$ sono previsti inviati ai plenum di aspirazione degli armadi condizionatori, la rimanente essendo dedicata al rinnovo d'aria della zona foyer. Il sistema di diffusione in ambiente è costituito da dislocatori collocati su fronte gradino delle scale a lato delle gradonate, previsti in numero totale di 20 e convoglianti una portata di aria di climatizzazione di $50 \text{ m}^3/\text{h}$ ciascuno per un totale di $1000 \text{ m}^3/\text{h}$; ulteriori $2200 \text{ m}^3/\text{h}$ di aria di climatizzazione sono convogliati in ambiente mediante dislocatori a pavimento collocati sul palco. La ripresa dell'aria è prevista eseguita mediante un plenum centrale che aspira aria

ambiente attraverso griglie collocate in prossimità delle sedute. I plenum andranno insonorizzati mediante rivestimento di materiale poroso racchiuso da lamiera forata: l'ipotesi di progetto prevede l'impiego di lana di vetro, spessore non inferiore a 60 mm, densità ca. 50 kg/m³, imbustata in polietilene, con lamina forata di spessore 5/10 mm.

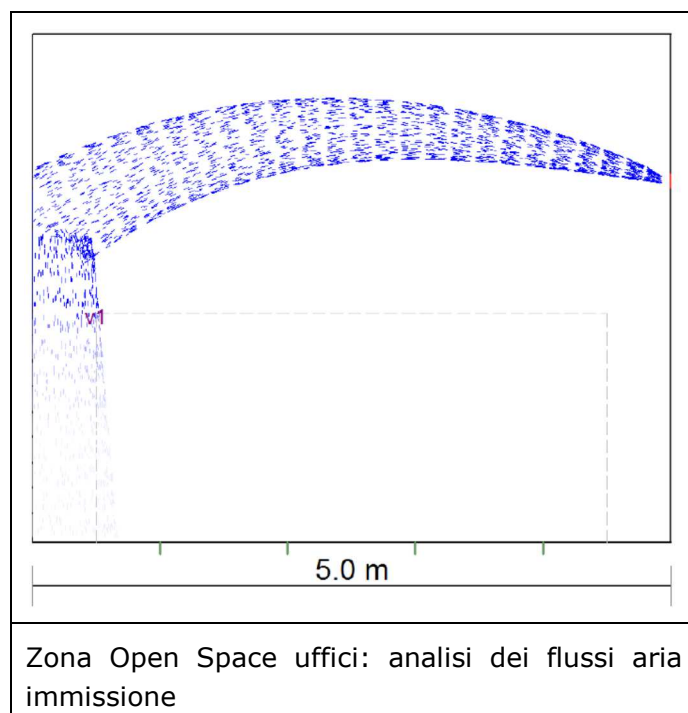
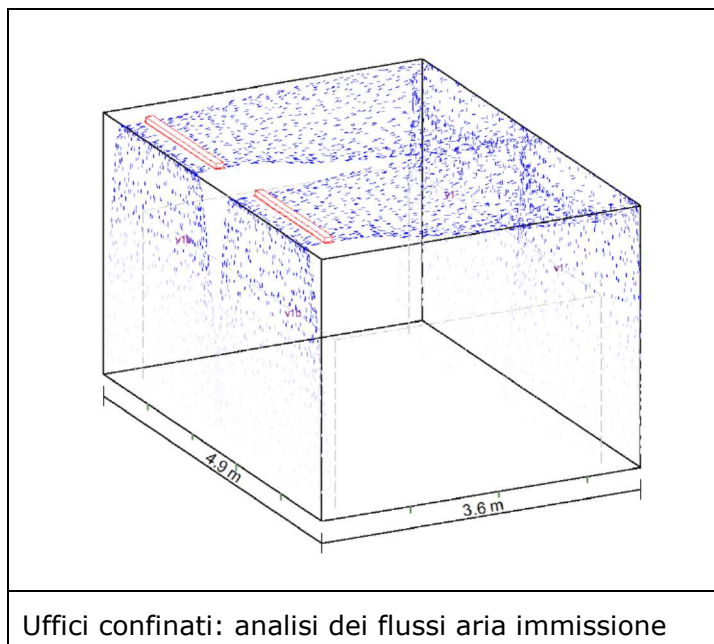
Il **foyer** è servito da una unità ad armadio condizionatore autonoma, collocata sotto la gradinata dell'auditorium, che aspira aria dall'ambiente mediante griglia collocate nella zona inferiore della parete; nel plenum di aspirazione delle unità è prevista l'immissione di aria nuova pretrattata dalle unità di Ventilazione Meccanica Controllata a recupero termodinamico attivo in comune con l'auditorium; la portata resa disponibile per il foyer dalle unità è 1000 m³/h. La miscela di aria ambiente ed aria nuova subisce un trattamento di raffreddamento e deumidificazione regolato in funzione della temperatura e dell'umidità dell'aria rilevata da sonda; l'aria trattata è immessa nell'ambiente mediante ugelli a lancio profondo.



Prendendo in esame una lunghezza di riferimento di 6 m per il foyer al piano primo, l'analisi dei flussi di immissione mediante ugelli dell'aria trattata, nell'entità di 1600 m³/h, mostra che le zone che possono essere occupate da persone per periodi di tempo relativamente prolungati non sono interessate da velocità eccessive dell'aria di immissione.

La **zona uffici** è servita da unità ad espansione diretta facenti capo all'unità esterna VRF condensata ad acqua. Le unità di climatizzazione interne sono previste installate in

controsoffitto in corrispondenza della zona spogliatoi. Il rinnovo dell'aria è previsto da realizzarsi in comune con la zona esposizioni sul lato nord, mediante una unità a recupero collocata in controsoffitto del corridoio tecnico al livello +8 m. Le portate d'aria previste sono 125 m³/h per ciascun ufficio confinato e 250 m³/h per la zona Open space. Immissione e ripresa dell'aria di climatizzazione sono previste per gli uffici confinati mediante bocchette lineari a feritoia installate a soffitto; per la zona Open Space sono previste da effettuarsi mediante griglie impostate sul fronte del controsoffitto degli uffici confinati.



La **zona cucina** è servita da unità ad espansione diretta facenti capo all'unità esterna VRF condensata ad aria, a cui fanno capo anche le unità di raffrescamento previste per i locali di servizio e il deposito della zona shop, oltre al sistema di produzione di acqua calda sanitaria con recupero del calore di condensazione. Le unità di erogazione interne sono previste installate a controsoffitto con immissione mediante griglie a feritoia; in considerazione della conformazione e della modalità d'uso attesa per l'ambiente, potrebbe non essere garantita l'omogeneità delle condizioni termoigrometriche interne ma viene garantito un effetto bolla fresca localizzato in prossimità delle immissioni.

Per la cucina è previsto un sistema di ventilazione forzata a semplice flusso che immette aria nuova nell'entità di 500 m³/h, pari a circa 10 Vol/h della zona di preparazione cibo/servizio al pubblico.

Della zona cucina fanno parte anche altri locali di supporto che necessitano di raffrescamento, come il locale deposito rifiuti e il locale boiler; per questi è prevista l'adozione di unità interne ad espansione diretta con installazione a parete.

La cucina dovrà essere inoltre dotata di sistema di aspirazione dei fumi di cottura e delle aree di preparazione cibo, costituito da cappa a flusso compensato, il cui dimensionamento è di competenza del fornitore del sistema cucina.

La **zona shop** è a diretto contatto con l'ambiente esterna ma è provvista di un deposito che necessita raffrescamento; detta zona è prevista servita da unità interna ad espansione diretta, facente capo all'unità esterna VRF condensata ad aria, installata a parete.

Il **locale tecnico elettrico al piano terra** è raffrescato mediante una unità autonoma ad espansione diretta dotata di ciclo frigorifero a bordo a compressione di vapori di R-410A e condensatore raffreddato ad acqua. L'unità è adatta per installazione a pavimento; l'acqua di condensazione è derivata dalla rete di distribuzione dell'acqua di condensazione lato utenza.

5.1.4. prescrizioni specifiche ai fini antincendio

Il sistema di distribuzione aria a servizio dell'auditorium interferisce con la compartimentazione REI 60 presente tra l'auditorium stesso e il locale sottostante, che assolve anche funzioni di deposito. Nella realizzazione degli attraversamenti si dovrà avere sempre cura di ripristinare la compartimentazione, con inserimento di apposite serrande tagliafuoco ed eventuali porzioni di raccordo con rivestimenti in materiale classificato, quale fibrosilicato o equivalenti.

Analoga situazione si sviluppa per le sale controllo, che presentano compartimentazione REI rispetto agli ambienti limitrofi; anche in questo caso la compartimentazione dovrà essere ripristinata, con inserimento di apposite serrande tagliafuoco ed eventuali porzioni di raccordo con rivestimenti in materiale classificato, quale fibrosilicato o equivalenti.

5.2. Sistema di Supervisione e Controllo

Il sistema di supervisione e di controllo principale sarà realizzato con tecnologia DDC e sarà costituito da moduli di regolazione specifici per ogni apparecchiatura tecnologica, interconnessi tra loro con un bus di comunicazione non proprietario, a std aperto, che potrà essere completamente interfacciato al sistema ICT di Expo e che renderà disponibili in ogni caso, tramite contatti puliti i principali allarmi funzionali e di sicurezza di tutti gli impianti. Il sistema di supervisione a bordo fabbricato effettuerà anche il controllo e monitoraggio delle principali grandezze energetiche impegnate ed in particolare:

- Energia elettrica
- Acqua potabile
- Acqua sanitaria
- Acqua di raffreddamento
- Energia elettrica generatori termofrigoriferi ed apparati interni di utilizzo

I contatori che controllano questi consumi saranno nel punto di consegna e di ispezione per il lotto ed i dati saranno trasmessi al sistema di supervisione principale tramite PLC installato a livello del suddetto punto.

A garanzia della sicurezza antincendio, sarà installato un sensore di pressione sul sistema idrico antincendio che trasmette i dati al sistema di supervisione e di controllo principale.

Sensori di pressione saranno installati anche sulle linee di alimentazione dell'acqua potabile, dell'acqua sanitaria e dell'acqua di raffreddamento; i dati saranno trasmessi al sistema di supervisione e di controllo principale.

Dispositivi di rilevazione di tensione saranno installati in corrispondenza delle morsettiere BT nei quadri elettrici del padiglione; la presenza/assenza di tensione sarà comunicata al sistema di supervisione e controllo principale.

6. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO E DI SCELTA DEI COMPONENTI

6.1. Identificazione

Gli elementi dell'impianto saranno dotati di appropriati sistemi di identificazione ed indicanti la funzione svolta dal componente. Tutte le tubazioni, i rubinetti di intercettazione e i dispositivi di controllo dovranno esser adeguatamente marcati, al fine di evidenziare ciò che controllano. I criteri di identificazione dovranno trovare corrispondenza negli elaborati finali AS BUILT.

Tutte le tubazioni saranno provviste di targa d'identificazione con tutte le indicazioni necessarie (utenza, piano, ecc). Tali targhette indicatrici saranno fissate su piastrine complete di tondino

da saldare sui tubi. Le targhette dovranno essere in alluminio, spessore 3 mm, con diciture incise ben leggibili e da definire con la D.L. Il fissaggio delle targhette sarà fatto con viti. Non è ammesso l'impiego di targhette autoadesive di nessun genere.

Anche le condutture elettriche saranno disposte e contrassegnate in modo tale da poter essere identificate per le ispezioni, le prove, le riparazioni o le modifiche dell'impianto.

I conduttori di neutro saranno contraddistinti dalla colorazione blu chiaro; quelli di protezione ed equipotenziali dal bicolore giallo-verde.

6.2. Reti di distribuzione di acqua tecnica

Le tubazioni di distribuzione dei fluidi termo vettori possono essere previste in acciaio, in materiale plastico (PEX), multistrato o rame.

La scelta dei diametri delle tubazioni avviene sulla base dei criteri di verifica della perdita di carico massima ammessa per unità di lunghezza e delle velocità ammissibili per evitare il diffondersi di rumorosità o l'usura prematura delle tubazioni. I diametri delle tubazioni di adduzione ai corpi sono ricavati tramite gli usuali diagrammi per impianti a circolazione forzata, con acqua alle diverse temperature di utilizzo, basati sulle formule di moto tipo Colebrook, Darcy, etc. Nota la portata di fluido che deve essere trasportata, la perdita di carico di riferimento non deve superare i 250 Pa/m, con eccezione per i circuiti a portata variabile, dove sono ammesse perdite superiori, fino a 300 Pa ÷ 350 Pa, fatte salve le verifiche di rumorosità e massima velocità.

Le velocità tipiche e massime ammissibili per il dimensionamento delle tubazioni sono riportate nella tabella seguente:

Diametri tubazioni - valori di dimensionamento velocità fluidi termo vettori (acqua 5 – 90°C)			
tipo di tubazione		velocità tipiche di dimensionamento [m/s]	
materiale	diametro	minima	massima
acciaio nero	fino a 1"	0.30	0.60
acciaio nero	da 1"1/4 a 2"	0.30	0.80
acciaio nero	oltre 2"	0.30	1.60
ferro dolce	tutti	0.30	0.90
rame	fino a 15 mm	0.30	0.50
rame	da 18 fino a 22 mm	0.30	0.70
rame	da 26 fino a 36 mm	0.30	0.95
rame	oltre 36 mm	0.30	1.10
polietilene reticolato		0.30	0.90
multistrato		0.30	1.10

6.3. Reti di distribuzione impianti ad espansione diretta

La selezione dei diametri delle linee di distribuzione viene eseguita in relazione all'indice di capacità dell'insieme di unità interne da alimentare e della configurazione geometrica dell'impianto.

I diametri minimi previsti vengono selezionati in funzione dell'indice di capacità secondo la tabella di seguito riportata:

Diametri tubi linee di distribuzione in funzione dell'indice di capacità totale delle unità interne da alimentare			
Indice di capacità inferiore	Indice di capacità superiore	DIAM. TUBO GAS	DIAM. TUBO LIQUIDO
[-]	[-]	[mm]	[mm]
<	150	15,9	9,5
150	200	19,1	9,5
200	290	22,2	9,5
290	420	28,6	12,7
420	640	28,6	15,9
640	920	34,9	19,1
920	>	41,3	19,1

In funzione della configurazione geometrica dell'impianto, potrebbe essere necessario incrementare i diametri della linea di distribuzione principale, qualora se verificassero le condizioni gli incrementi consentiti sono:

Aumenti consentiti per i diametri tubi linee di distribuzione			
DIAM. TUBO BASE	DIAM. TUBO INCREMENTATO	DIAM. TUBO BASE	DIAM. TUBO INCREMENTATO
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
6,4	9,5	15,9	19,1
9,5	12,7	19,1	22,2
12,7	15,9	22,2	25,4

Il dimensionamento dei sistemi di distribuzione dei fluidi frigoriferi, gli schemi di collegamento, le distanze di rispetto, sono funzione anche delle caratteristiche delle apparecchiature che vengono fornite e, pertanto, dovranno essere verificate ed approvate dalla casa costruttrice dei componenti.

La selezione dei diametri delle linee di allacciamento alle unità interne viene eseguita in relazione all'indice di capacità dell'unità interna da alimentare.

Diametri tubi linee di allacciamento in funzione dell'indice di capacità dell'unità interna da alimentare		
Indice di capacità	DIAM. TUBO GAS	DIAM. TUBO LIQUIDO
[-]	[mm]	[mm]
20	12,7	6,4
25	12,7	6,4
32	12,7	6,4
40	12,7	6,4
50	12,7	6,4
63	15,9	9,5
80	15,9	9,5
100	15,9	9,5
125	15,9	9,5
200	19,1	9,5
250	22,2	9,5

6.4. Reti aerauliche

Nelle applicazioni tipiche della climatizzazione, i valori di velocità dell'aria nei condotti e il tipo di condotti utilizzati fanno sì che le condizioni del moto cadano nella zona di transizione fra quello laminare e quello turbolento.

Il moto di un fluido in un condotto può essere essenzialmente di due tipi: laminare o turbolento.

Il moto si dice laminare quando i filetti fluidi seguono traiettorie ben definite: regolari e parallele alle pareti del condotto. Non esistono, in tal caso, componenti di velocità ortogonali all'asse del condotto. Nel caso di un fluido reale e, quindi, con viscosità non nulla, le vene fluide hanno velocità differenti e crescenti da zero (in adiacenza alla parete) fino a un massimo al centro del condotto.

Il regime è turbolento quando il moto del fluido, anziché essere regolare, avviene secondo traiettorie irregolari, variabili casualmente nel tempo. Le particelle del fluido si muovono anche in senso perpendicolare all'asse del condotto. Ciò non è da sottovalutarsi in quanto le perdite per attrito nel moto laminare sono variabili linearmente con la velocità, mentre nel moto turbolento, le perdite variano con il quadrato della velocità. Assumere sempre quest'ultima legge di variazione può indurre errori nel dimensionamento degli apparati.

Il moto dell'aria in un condotto è possibile soltanto se, fra la sezione d'ingresso e quella di uscita, esiste una differenza di pressione che è eguale alla somma della variazione di energia cinetica (che può essere positiva, negativa o nulla), della variazione di energia potenziale (anch'essa può essere positiva, negativa o nulla) e della perdita di pressione per attrito. Quest'ultima è chiamata anche perdita di carico fra le sezioni 1 e 2 ed è sempre positiva.

La perdita di carico è dovuta:

- alla viscosità dell'aria nel suo moto lungo i condotti;
- alle dissipazioni di energia dovute a brusche variazioni di sezione o di direzione;
- all'attraversamento di componenti discreti quali: serrande, batterie di scambio termico, filtri, ecc;
- alle perdite connesse con il circuito (system effect).

Le perdite di carico distribuite nei condotti circolari possono essere desunte dal diagramma di fig. 1, nel quale sulle ascisse sono riportate le portate volumetriche [L/s], sulle ordinate le perdite per attrito [Pa/m], mentre i due fasci di rette parallele e fra loro ortogonali, hanno come parametro la velocità dell'aria [m/s] e il diametro del condotto [mm],

Il diagramma è basato su aria standard (di densità 1,204 kg/m³) che scorre in un condotto di acciaio zincato, avente una rugosità assoluta $\epsilon = 0,09$ mm e giunzioni circa ogni 1,20 m.

Il diagramma è riferito ai diametri nominali previsti nella norma UNI EN 12237 Giugno 2004.

Variazioni di pressione, temperatura e umidità hanno effetti sulla massa volumica dell'aria, sulla sua viscosità e sul numero di Reynolds. Tuttavia è possibile non prendere in considerazione queste variazioni nel caso che:

- il materiale con il quale verrà realizzato il canale abbia una rugosità che rientri nella classifica: mediamente liscio (tab. 1);

Tab. 1

Valori di rugosità assoluta per alcuni condotti tipici

Materiale	Rugosità assoluta, ϵ [mm]	Classificazione
Canale in lamiera di ferro, liscio	0,05	Liscio ($\epsilon = 0,03$ mm)
Canale in PVC	0,01 – 0,05	
Canale in lamiera di alluminio	0,04 – 0,06	
Canale in lamiera zincata con giunzioni longitudinali e giunti trasversali ogni 1,2 metri	0,05 - 0,10	Mediamente liscio ($\epsilon = 0,09$ mm)
Canale circolare in lamiera zincata, spiroidale e giunti trasversali ogni 3,0 metri	0,06 – 0,12	
Canale in lamiera zincata con giunti trasversali ogni 0,8 metri	0,15	Medio ($\epsilon = 0,15$ mm)
Canale in fibra di vetro	0,09	Mediamente rugoso ($\epsilon = 0,09$ mm)
Canale con rivestimento interno in fibra di vetro	1,5	
Condotto rivestito con lana di vetro protetta	4,5	Rugoso ($\epsilon = 3,00$ mm)
Tubo flessibile metallico	1,2 ÷ 2,1	
Tubo flessibile non metallico in cemento	1,0 ÷ 4,6 1,3 ÷ 3,0	

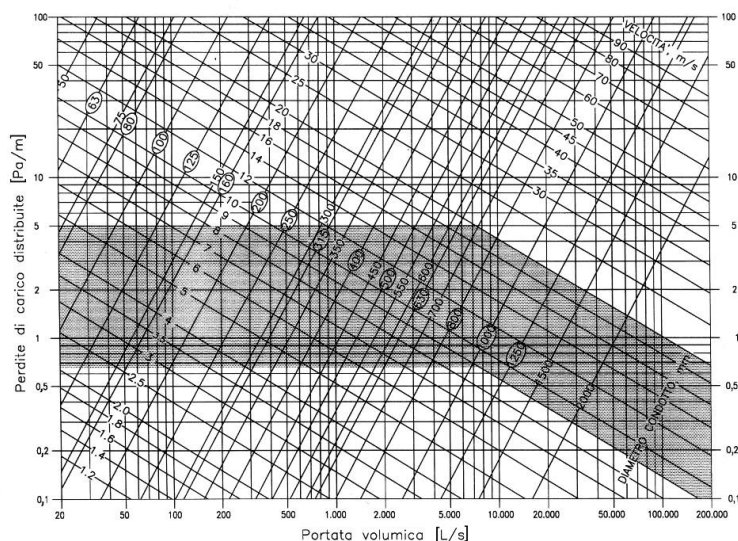
- la temperatura dell'aria sia compresa fra +5° e +35 °C;
- la quota sul livello del mare non sia superiore ai 500 m;

- la pressione nel condotto sia compresa fra -5 kPa e + 5 kPa rispetto alla pressione ambiente.

Variazioni, entro i limiti indicati determinano variazioni inferiori al $\pm 5\%$ rispetto a valori letti sul diagramma. Per valori eccedenti quelli indicati vengono apportate delle correzioni.

Diametro canali circolari normalizzati secondo Norma UNI EN 12237:2004

Il diagramma di fig. 1 è valido per condotti circolari; si può, comunque, utilizzare anche per i canali rettangolari.



Il diagramma è valido per condotti circolari; si può, comunque, utilizzare anche per i canali rettangolari.

Per calcolare il diametro equivalente d_{ce} di un condotto rettangolare che consenta di ottenere la stessa perdita di carico con la stessa portata volumetrica di un condotto circolare, l'ASHRAE riporta una formula dovuta a Huebscher:

$$d_{ce} = 1,30 \frac{(a \cdot b)^{0,625}}{(a + b)^{0,250}}$$

dove tutti i termini (a e b sono le dimensioni del condotto rettangolare) sono espressi in millimetri.

È opportuno segnalare che, a parità di portata e di perdita di carico, la velocità dell'aria in un condotto rettangolare risulta inferiore a quella che si avrebbe in un condotto circolare; ciò significa che la sezione di un canale rettangolare deve essere, per avere la stessa perdita di carico, più grande della sezione di un equivalente condotto circolare.

Le perdite localizzate o dinamiche sono dovute, come si è già accennato, alla perdita di energia per la turbolenza dell'aria nell'attraversamento di pezzi speciali (filtri, serrande, batterie, ecc.) o per singolarità del circuito (curve, variazioni di direzione, di sezione, ecc.).

Queste perdite dipendono dal tipo di ostacolo e dal quadrato della velocità dell'aria; possono essere calcolate con l'espressione:

$$\Delta p = \zeta p_w = \zeta \rho \frac{w^2}{2}$$

che, per aria standard, può scriversi:

$$\Delta p = 0,612 \zeta w^2$$

Δp = perdita di carico [Pa]

ζ = coefficiente di perdita, adimensionale

p_w = pressione dinamica [Pa]

ρ = massa volumica [kg/m³]

w = velocità media in [m/s], pari a 0,001 Q/A_c (Q in L/s, A_c, area della sezione retta, in m²)

Il valore dei coefficienti ζ , relativi a canali circolari e rettangolari, possono essere ricavati, dal Database Ashrae (1994), che contiene i coefficienti di perdita di oltre 220 pezzi speciali.

Il calcolo tende a determinare, note le portate d'aria da convogliare, le dimensioni dei canali e le perdite di carico, onde poter scegliere i ventilatori con una pressione totale disponibile tale da consentire il movimento di quella portata d'aria, con le velocità richieste. I più comuni metodi di calcolo dei canali sono:

- con perdita di carico costante,
- con recupero di pressione statica,
- con velocità costante,
- con riduzione graduale della velocità.

Perdita di carico costante. Si tratta del metodo più diffuso e consiste nel calcolare le dimensioni dei canali partendo dal ramo principale, con una velocità prefissata che tenga conto per esempio delle esigenze di rumorosità, e proseguendo nell'assegnare a tutti i diversi tronchi successivi dimensioni tali che, per la portata convogliata, la perdita di carico (espressa in Pa per metro di canale) sia sempre costante ed eguale al valore iniziale. L'area ombreggiata nel diagramma della fig. 1 individua un campo di perdite di carico e di velocità normalmente impiegate.

Tale metodo comporta di equilibrare poi le diverse diramazioni con opportuni organi, quali serrande, lamiere forate o ricorrendo a particolari artifici, in modo da garantire a monte di tutti i terminali la pressione statica occorrente alla diffusione della portata d'aria di progetto.

Recupero di pressione statica. Con questo metodo di calcolo una volta scelta la velocità e le dimensioni del primo tronco a valle del ventilatore, tutte le successive sezioni vengono determinate in maniera tale che la variazione di velocità, conseguente a una diminuzione di portata in corrispondenza di una diramazione, sia sfruttata per rendere disponibile un'aliquota

della pressione dinamica in pressione statica, in modo tale da compensare le perdite di carico della diramazione successiva.

Con questo sistema la rete risulta essere più bilanciata, senza dover far ricorso a organi di strozzamento; viene normalmente impiegato nel calcolo di grandi reti di distribuzione, specie nel campo dell'alta velocità (impianti a induzione, doppio condotto, doppio canale, monocondotto a portata variabile ecc); comporta, in genere, un aumento del peso totale di lamiera impiegata fino a un 15% in più rispetto al peso di una analoga rete proporzionata con il metodo a perdita di carico costante. Risulta, comunque, conveniente proprio sugli impianti ad alta velocità sia per semplicità di bilanciatura sia per un minor costo di gestione.

Il calcolo viene condotto utilizzando tabelle, diagrammi ecc. o, meglio, ricorrendo all'ausilio del computer.

Velocità costante. Il dimensionamento delle canalizzazioni con il metodo della velocità costante è impiegato nei sistemi che convogliano aria con particelle solide in sospensione e le velocità sono fissate proprio per garantire una velocità minima di trasporto. In questi casi vengono utilizzati canali circolari.

Riduzione graduale della velocità. La determinazione delle sezioni dei canali avviene scegliendo le velocità nel primo tronco a valle del ventilatore e riducendola poi progressivamente. Una volta individuate tutte le sezioni si deve calcolare la perdita di carico del circuito più sfavorito per passare, poi, a bilanciare tutti i diversi tronchi.

Questo metodo è poco usato, richiede grande esperienza; può essere impiegato solo per i circuiti molto semplici.

I metodi sopra descritti vengono applicati, in sede di progettazione, in funzione delle caratteristiche dell'intervento: di norma il metodo a perdita di carico costante e riduzione di velocità per circuiti di piccole dimensioni, il metodo a recupero di statica per grandi impianti ad elevate velocità.

Canalizzazioni - Velocità: raccomandate/massime [m/s]

Applicazioni	Canali principali	Canali secondari
Teatri	3,5 / 4,0	2,8 / 3,5
Auditorium		
Appartamenti	4,0 / 5,0	3,0 / 4,0
Alberghi		
Ospedali	5,0 / 6,0	4,0 / 5,0
Uffici privati	5,0 / 6,0	4,0 / 5,0
Uffici direzionali		
Biblioteche	6,0 / 7,0	5,0 / 6,0
Uffici aperti		
Ristoranti		
Banche		

Bar		
Magazzini	6,0 / 9,0	5,0 / 8,0
Industrie	6,5 / 11,0	5,0 / 9,0

Velocità raccomandate sulle griglie di ripresa aria [m/s]

Posizione griglia	
Al di sopra di zone occupate	4,0
Entro le zone occupate, ma non vicino ai posti a sedere	3,0 ÷ 4,0
Entro la zona occupata vicino ai posti a sedere	2,0 ÷ 3,0
Griglia a parete o su porte	1,0 ÷ 1,5
Passaggio sotto le porte sopraelevate	1,0 ÷ 1,5

N.B. Le velocità sono riferite all'area frontale lorda.

Velocità frontale per griglie di presa aria esterna e per griglie di espulsione [m/s]

Presa

per $\dot{V} = 3300$ l/s o superiore 2,0

per $\dot{V} < 3300$ l/s 2,0 ÷ 1

Espulsione

per $\dot{V} = 2400$ l/s o superiore 2,5

per $\dot{V} < 2400$ l/s 2,5 ÷ 1

N.B. Le velocità sono riferite alla sezione frontale lorda della griglia; la sezione libera è quasi sempre pari a circa il 55% di quella frontale; non si dovrebbe mai scendere sotto il 40%.