

Doc. 2: Fascicolo calcoli termoigrometrici

Offerta : P 101-17 del 11-05-17  
Commessa : C300-17-02 del 19-04-17  
Società : IRCCS Burlo Garofolo di Trieste  
Impianto : Reparto nutrizione Parenterale-Colliri  
Emissione : 04-10-17 causale: dimensionamento

Oggetto : FASCICOLO CALCOLI TERMOIGROMETRICI

- CONSIDERAZIONI DI PROGETTO

In condizioni normali di lavoro i locali possono essere a pressioni diverse rispetto all'ambiente circostante. Quindi ogni locale può perdere verso i locali connessi parte dell'aria immessa per sovrappressione. Parte di essa può, inoltre, essere espulsa tramite espulsori necessari per il processo produttivo. La quantità di aria esterna per la pressurizzazione dei locali viene quindi data dalla somma delle perdite per infiltrazione e le portate degli espulsori. Per valutare la portata totale di aria esterna bisognerà aggiungere a questi dati la quantità di aria persa dalle canalizzazioni. Il dimensionamento dell'impianto di ventilazione viene quindi effettuato per garantire le condizioni termoigrometriche, le pressioni e le contaminazioni ambientali richieste in presenza del massimo carico ipotizzato.

- CONDIZIONI TERMOIGROMETRICHE INTERNE ED ESTERNE DI PROGETTO

Estate

Temperatura massima ambienti confinanti	Tec =	27,0 °C
Temperatura massima esterna di riferimento	Tee =	34,0 °C
Temperatura massima controsoffitto/soffitto	Tcs =	34,0 °C
Temperatura ambiente di riferimento	Tae =	22,0 °C
Umidità ambiente di riferimento	URa =	53,0 %
Umidità esterna di riferimento	URee =	60,0 %
Entalpia ambiente di riferimento	jae =	44,3 KJ/kg
Entalpia esterna di riferimento	jee =	86,0 KJ/kg

Inverno

Temperatura minima ambienti confinanti	Teci =	22,0 °C
Temperatura minima esterna di riferimento	Tei =	-5,0 °C
Temperatura minima controsoffitto/soffitto	Tcsi =	22,0 °C
Temperatura ambiente di riferimento	Tai =	22,0 °C
Umidità ambiente di riferimento	URai =	50,0 °C
Umidità esterna di riferimento	URei =	65,0 °C
Entalpia ambiente di riferimento	jai =	43,0 °C
Entalpia esterna di riferimento	jei =	-0,98 °C

Il dimensionamento degli elementi filtranti terminali è stato eseguito con la velocità media di

Vm filtri= 0,48 m/s

Tolleranze sui parametri ambiente

Ta= +/-1 °C  
Ura= +/-5 %

VERIFICA ESTIVA

Doc. 2: Fascicolo calcoli termoigrometrici

**Locale 1**

**Ingresso materiali**

Pressione differenziale	p =	10,0 Pa
Persone presenti	n =	0,0
Superficie in pianta	S =	2,60 m2
Altezza interna	h =	2,80 m
Calore generato dalle lampade	Qi =	0,14 Kw
Calore generato dalle macchine	Qm =	0,00 Kw
Calore latente persone	Qlp =	0,00 Kw
Calore sensibile persone	Qsp =	0,00 Kw
Rientrate termiche estive	Qr =	0,13 Kw
Calore sensibile totale	Qst =	0,27 Kw
Vapore liberato in ambiente	Vap =	0,00 g/h
Calore latente totale	Ql =	0,00 Kw
Grado di sottoraffreddamento massimo	dTa =	2,40 °C
Efficienza di pulizia	Es =	0,41 %
Volume ambiente	V =	7,28 m3
Concentrazione massima accettabile di particelle	Cp =	35.167.572 pt/m3
Sorgente totale interna di particelle	E =	4.076.965 pt/min
Portata espulsori	Wex =	0,0 m3/h
Postriscaldamento elettrico locale	Qpe =	0,000 Kw
Temperatura ambiente calcolata	Ta =	22,2 °C
Batteria di post riscaldamento locale	Qbp =	0,4 Kw
Post locale di impianto estate	Qpi =	(0,0) Kw
	Zona	2

Portata di smaltimento calore sensibile:

$$Ws = Qs \cdot 3600 \cdot 1000 / (dtl \cdot 1213,5) = Ws = 338,7 \text{ m3/h}$$

Portata di smaltimento contaminazione aeroportata:

$$Wp = E \cdot 60 / (Cp \cdot Es) = Wp = 16,9 \text{ m3/h}$$

**Portata richiesta dai filtri terminali**

$$Wfu = 315,1 \text{ m3/h}$$

Velocità media di dimensionamento degli HEPA terminali

$$Vm \text{ filtri} = 0,48 \text{ m/sec}$$

**La portata ambiente risulta:**

$$Wa = 315,1 \text{ m3/h}$$

**Le ricircolazioni di aria condizionata risultano:**

$$R = 43,29 \text{ 1/h}$$

Temperatura di immissione:  $Ti = Ta - Qs \cdot 3600 \cdot 1000 / (Wa \cdot 1213,5) =$

$$Ti = 19,4 \text{ °C}$$

Entalpia di immissione:

$$Ji = 41,76 \text{ Kj/kg}$$

Portata aria entrante per sovrappressione:

$$Wi = 66,1 \text{ m3/h}$$

Portata aria persa per sovrappressione

$$Wp = 66,1 \text{ m3/h}$$

Portata totale da reintegrare:

$$We = 0,0 \text{ m3/h}$$

Portata aria ricircolata:

$$Wr = 315,1 \text{ m3/h}$$

I rinnovi risultano:

$$N = 4,16 \text{ 1/h}$$

Doc. 2: Fascicolo calcoli termoigrometrici

**Locale 2**

**Ingresso personale**

Pressione differenziale	p =	10,0 Pa
Persone presenti	n =	0,0
Superficie in pianta	S =	2,22 m2
Altezza	h =	2,80 m
Calore generato dalle lampade	Qi =	0,14 Kw
Calore generato dalle macchine	Qm =	0,00 Kw
Calore latente persone	Qlp =	0,00 Kw
Calore sensibile persone	Qsp =	0,00 Kw
Rientrate termiche estive	Qr =	0,16 Kw
Calore sensibile totale	Qst =	0,30 Kw
Vapore liberato in ambiente	Vap =	0,00 g/h
Calore latente totale	Ql =	0,00 Kw
Grado di sottoraffreddamento massimo	dTa =	2,40 °C
Efficienza di pulizia	Es =	0,41 %
Volume ambiente	V =	6,21 m3
Concentrazione massima accettabile di particelle	Cp =	35.167.572 pt/m3
Sorgente totale interna di particelle	E =	3.629.471 pt/min
Portata espulsori	Wex =	0,0 m3/h
Postriscaldamento elettrico locale	Qpe =	0,000 Kw
Temperatura ambiente calcolata	Ta =	21,7 °C
Batteria di post riscaldamento locale	Qbp =	0,6 Kw
Post locale di impianto estate	Qpi =	(0,0) Kw
	Zona	2,0

Portata di smaltimento calore sensibile:

$$Ws = Qs \cdot 3600 \cdot 1000 / (dtl \cdot 1213,5) = Ws = 373,2 \text{ m3/h}$$

Portata di smaltimento contaminazione aeroportata:

$$Wp = E \cdot 60 / (Cp \cdot Es) = Wp = 15,0 \text{ m3/h}$$

**Portata richiesta dai filtri terminali**

Velocità media di dimensionamento degli HEPA terminali

$$Wfu = 428,0 \text{ m3/h}$$

$$Vm \text{ filtri} = 0,48 \text{ m/sec}$$

**La portata ambiente risulta:**

$$Wa = 428,0 \text{ m3/h}$$

**Le ricircolazioni di aria condizionata risultano:**

$$R = 68,96 \text{ 1/h}$$

Temperatura di immissione:  $Ti = Ta - Qs \cdot 3600 \cdot 1000 / (Wa \cdot 1213,5) =$

$$Ti = 19,9 \text{ °C}$$

Entalpia di immissione:

$$Ji = 42,23 \text{ KJ/kg}$$

Portata aria entrante per sovrappressione:

$$Wi = 58,8 \text{ m3/h}$$

Portata aria persa per sovrappressione

$$Wp = 58,8 \text{ m3/h}$$

Portata totale da reintegrare:

$$We = 0,0 \text{ m3/h}$$

Portata aria ricircolata:

$$Wr = 428,0 \text{ m3/h}$$

I rinnovi risultano:

$$N = 6,62 \text{ 1/h}$$

Doc. 2: Fascicolo calcoli termoigrometrici

**Locale 3**

**Corridoio D**

Pressione differenziale	p =	20,0 Pa
Persone presenti	n =	0,0
Superficie in pianta	S =	5,37 m <sup>2</sup>
Altezza	h =	2,80 m
Calore generato dalle lampade	Qi =	0,25 Kw
Calore generato dalle macchine	Qm =	0,00 Kw
Calore latente persone	Qlp =	0,00 Kw
Calore sensibile persone	Qsp =	0,00 Kw
Rientrate termiche estive	Qr =	0,18 Kw
Calore sensibile totale	Qst =	0,45 Kw
Vapore liberato in ambiente	Vap =	0,00 g/h
Calore latente totale	Ql =	0,00 Kw
Grado di sottoraffreddamento massimo	dTa =	2,40 °C
Efficienza di pulizia	Es =	0,41 %
Volume ambiente	V =	15,03 m <sup>3</sup>
Concentrazione massima accettabile di particelle	Cp =	3.516.757 pt/m <sup>3</sup>
Sorgente totale interna di particelle	E =	570.096 pt/min
Portata espulsori	Wex =	0,0 m <sup>3</sup> /h
Postriscaldamento elettrico locale	Qpe =	0,015 Kw
Temperatura ambiente calcolata	Ta =	22,0 °C
Batteria di post riscaldamento locale	Qbp =	0,7 Kw
Post locale di impianto estate	Qpi =	(0,0) Kw
	Zona	2,0

Portata di smaltimento calore sensibile:

$$Ws = Qs \cdot 3600 \cdot 1000 / (dtl \cdot 1213,5) = Ws = 550,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

Portata di smaltimento contaminazione aeroportata:

$$Wp = E \cdot 60 / (Cp \cdot Es) = Wp = 23,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Portata richiesta dai filtri terminali**

Velocità media di dimensionamento degli HEPA terminali  $Vm \text{ filtri} = 0,48 \text{ m/sec}$

**La portata ambiente risulta:**  $W_a = 551,2 \text{ m}^3/\text{h}$

**Le ricircolazioni di aria condizionata risultano:**  $R = 36,67 \text{ 1/h}$

Temperatura di immissione:  $Ti = Ta - Qs \cdot 3600 \cdot 1000 / (Wa \cdot 1213,5) = Ti = 19,6 \text{ °C}$

Entalpia di immissione:  $Ji = 41,94 \text{ KJ/kg}$

Portata aria entrante per sovrappressione:  $Wi = 41,6 \text{ m}^3/\text{h}$

Portata aria persa per sovrappressione  $Wp = 124,9 \text{ m}^3/\text{h}$

Portata totale da reintegrare:  $We = 83,4 \text{ m}^3/\text{h}$

Portata aria ricircolata:  $Wr = 467,9 \text{ m}^3/\text{h}$

I rinnovi risultano:  $N = 3,52 \text{ 1/h}$

Doc. 2: Fascicolo calcoli termoigrometrici

**Locale 4**

**Svestizione**

Pressione differenziale	p =	25,0 Pa
Persone presenti	n =	0,0
Superficie in pianta	S =	1,70 m <sup>2</sup>
Altezza	h =	2,80 m
Calore generato dalle lampade	Qi =	0,11 Kw
Calore generato dalle macchine	Qm =	0,00 Kw
Calore latente persone	Qlp =	0,00 Kw
Calore sensibile persone	Qsp =	0,00 Kw
Rientrate termiche estive	Qr =	0,03 Kw
Calore sensibile totale	Qst =	0,16 Kw
Vapore liberato in ambiente	Vap =	0,00 g/h
Calore latente totale	Ql =	0,00 Kw
Grado di sottoraffreddamento massimo	dTa =	2,40 °C
Efficienza di pulizia	Es =	0,41 %
Volume ambiente	V =	4,76 m <sup>3</sup>
Concentrazione massima accettabile di particelle	Cp =	3.516.757 pt/m <sup>3</sup>
Sorgente totale interna di particelle	E =	2.576.526 pt/min
Portata espulsori	Wex =	0,0 m <sup>3</sup> /h
Postriscaldamento elettrico locale	Qpe =	0,025 Kw
Temperatura ambiente calcolata	Ta =	22,0 °C
Batteria di post riscaldamento locale	Qbp =	0,3 Kw
Post locale di impianto estate	Qpi =	(0,0) Kw
	Zona	2,0

Portata di smaltimento calore sensibile:

$$Ws = Qs \cdot 3600 \cdot 1000 / (dtl \cdot 1213,5) = Ws = 202,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

Portata di smaltimento contaminazione aeroportata:

$$Wp = E \cdot 60 / (Cp \cdot Es) = Wp = 106,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Portata richiesta dai filtri terminali**

Velocità media di dimensionamento degli HEPA terminali

$$Wfu = 202,9 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Vm \text{ filtri} = 0,48 \text{ m/sec}$$

**La portata ambiente risulta:**

$$Wa = 202,9 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Le ricircolazioni di aria condizionata risultano:**

$$R = 42,63 \text{ 1/h}$$

Temperatura di immissione:  $Ti = Ta - Qs \cdot 3600 \cdot 1000 / (Wa \cdot 1213,5) =$

$$Ti = 19,6 \text{ °C}$$

Entalpia di immissione:

$$Ji = 41,95 \text{ KJ/kg}$$

Portata aria entrante per sovrappressione:

$$Wi = 41,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Portata aria persa per sovrappressione

$$Wp = 41,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Portata totale da reintegrare:

$$We = 0,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

Portata aria ricircolata:

$$Wr = 202,9 \text{ m}^3/\text{h}$$

I rinnovi risultano:

$$N = 4,09 \text{ 1/h}$$

Doc. 2: Fascicolo calcoli termoigrometrici

**Locale 5**

**Vestizione sterile**

Pressione differenziale	p =	30,0 Pa
Persone presenti	n =	0,0
Superficie in pianta	S =	2,33 m <sup>2</sup>
Altezza	h =	2,80 m
Calore generato dalle lampade	Qi =	0,14 Kw
Calore generato dalle macchine	Qm =	0,00 Kw
Calore latente persone	Qlp =	0,00 Kw
Calore sensibile persone	Qsp =	0,00 Kw
Rientrate termiche estive	Qr =	0,04 Kw
Calore sensibile totale	Qst =	0,22 Kw
Vapore liberato in ambiente	Vap =	0,00 g/h
Calore latente totale	Ql =	0,00 Kw
Grado di sottoraffreddamento massimo	dTa =	2,40 °C
Efficienza di pulizia	Es =	0,41 %
Volume ambiente	V =	6,52 m <sup>3</sup>
Concentrazione massima accettabile di particelle	Cp =	351.676 pt/m <sup>3</sup>
Sorgente totale interna di particelle	E =	438.188 pt/min
Portata espulsori	Wex =	0,0 m <sup>3</sup> /h
Postriscaldamento elettrico locale	Qpe =	0,037 Kw
Temperatura ambiente calcolata	Ta =	22,0 °C
Batteria di post riscaldamento locale	Qbp =	0,4 Kw
Post locale di impianto estate	Qpi =	(0,0) Kw
	Zona	2,0

Portata di smaltimento calore sensibile:

$$Ws = Qs \cdot 3600 \cdot 1000 / (dtl \cdot 1213,5) = Ws = 275,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

Portata di smaltimento contaminazione aeroportata:

$$Wp = E \cdot 60 / (Cp \cdot Es) = Wp = 181,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Portata richiesta dai filtri terminali**

Velocità media di dimensionamento degli HEPA terminali

$$Wfu = 275,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

**La portata ambiente risulta:**

$$Vm \text{ filtri} = 0,48 \text{ m/sec}$$

$$Wa = 275,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Le ricircolazioni di aria condizionata risultano:**

$$R = 42,26 \text{ 1/h}$$

Temperatura di immissione:  $Ti = Ta - Qs \cdot 3600 \cdot 1000 / (Wa \cdot 1213,5) =$

$$Ti = 19,6 \text{ °C}$$

Entalpia di immissione:

$$Ji = 41,94 \text{ KJ/kg}$$

Portata aria entrante per sovrappressione:

$$Wi = 41,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Portata aria persa per sovrappressione

$$Wp = 41,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Portata totale da reintegrare:

$$We = 0,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

Portata aria ricircolata:

$$Wr = 275,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

I rinnovi risultano:

$$N = 4,06 \text{ 1/h}$$

Doc. 2: Fascicolo calcoli termoigrometrici

**Locale 6**

**Controllo Vestizione**

Pressione differenziale	p =	35,0 Pa
Persone presenti	n =	0,0
Superficie in pianta	S =	1,37 m <sup>2</sup>
Altezza	h =	2,80 m
Calore generato dalle lampade	Qi =	0,11 Kw
Calore generato dalle macchine	Qm =	0,00 Kw
Calore latente persone	Qlp =	0,00 Kw
Calore sensibile persone	Qsp =	0,00 Kw
Rientrate termiche estive	Qr =	0,11 Kw
Calore sensibile totale	Qst =	0,25 Kw
Vapore liberato in ambiente	Vap =	0,00 g/h
Calore latente totale	Ql =	0,00 Kw
Grado di sottoraffreddamento massimo	dTa =	2,40 °C
Efficienza di pulizia	Es =	0,41 %
Volume ambiente	V =	3,84 m <sup>3</sup>
Concentrazione massima accettabile di particelle	Cp =	351.676 pt/m <sup>3</sup>
Sorgente totale interna di particelle	E =	701.497 pt/min
Portata espulsori	Wex =	0,000 m <sup>3</sup> /h
Postriscaldamento elettrico locale	Qpe =	0,040 Kw
Temperatura ambiente calcolata	Ta =	22,0 °C
Batteria di post riscaldamento locale	Qbp =	0,4 Kw
Post locale di impianto estate	Qpi =	(0,0) Kw
	Zona	2,0

Portata di smaltimento calore sensibile:

$$Ws = Qs \cdot 3600 \cdot 1000 / (dtl \cdot 1213,5) = Ws = \mathbf{315,0} \text{ m}^3/\text{h}$$

Portata di smaltimento contaminazione aeroportata:

$$Wp = E \cdot 60 / (Cp \cdot Es) = Wp = 290,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Portata richiesta dai filtri terminali**

Velocità media di dimensionamento degli HEPA terminali

$$Wfu = \mathbf{315,1} \text{ m}^3/\text{h}$$

**La portata ambiente risulta:**

$$Vm \text{ filtri} = \mathbf{0,48} \text{ m/sec}$$

$$Wa = \mathbf{315,1} \text{ m}^3/\text{h}$$

**Le ricircolazioni di aria condizionata risultano:**

$$R = \mathbf{82,13} \text{ 1/h}$$

Temperatura di immissione:  $Ti = Ta - Qs \cdot 3600 \cdot 1000 / (Wa \cdot 1213,5) =$

$$Ti = 19,6 \text{ °C}$$

Entalpia di immissione:

$$Ji = \mathbf{41,94} \text{ KJ/kg}$$

Portata aria entrante per sovrappressione:

$$Wi = 100,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

Portata aria persa per sovrappressione

$$Wp = 41,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Portata totale da reintegrare:

$$We = \mathbf{(58,8)} \text{ m}^3/\text{h}$$

Portata aria ricircolata:

$$Wr = \mathbf{373,9} \text{ m}^3/\text{h}$$

I rinnovi risultano:

$$N = \mathbf{7,89} \text{ 1/h}$$

Doc. 2: Fascicolo calcoli termoigrometrici

**Locale 7**

**Nutrizione Parenterale**

Pressione differenziale	p =	45,0 Pa
Persone presenti	n =	2,0
Superficie in pianta	S =	10,33 m <sup>2</sup>
Altezza	h =	2,80 m
Calore generato dalle lampade	Qi =	0,36 Kw
Calore generato dalle macchine	Qm =	1,50 Kw
Calore latente persone	Qlp =	0,16 Kw
Calore sensibile persone	Qsp =	0,20 Kw
Rientrate termiche estive	Qr =	0,48 Kw
Calore sensibile totale	Qst =	3,58 Kw
Vapore liberato in ambiente	Vap =	0,00 g/h
Calore latente totale	Ql =	0,16 Kw
Grado di sottoraffreddamento massimo	dTa =	2,40 °C
Efficienza di pulizia	Es =	0,41 %
Volume ambiente	V =	28,94 m <sup>3</sup>
Concentrazione massima accettabile di particelle	Cp =	351.676 pt/m <sup>3</sup>
Sorgente totale interna di particelle	E =	10.397.953 pt/min
Portata espulsori	Wex =	0,0 m <sup>3</sup> /h
Postriscaldamento elettrico locale	Qpe =	1,040 Kw
Temperatura ambiente calcolata	Ta =	22,0 °C
Batteria di post riscaldamento locale	Qbp =	5,7 Kw
Post locale di impianto estate	Qpi =	(0,0) Kw
	Zona	1,0

Portata di smaltimento calore sensibile:

$$Ws = Qs \cdot 3600 \cdot 1000 / (dtl \cdot 1213,5) = Ws = 4.424,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Portata di smaltimento contaminazione aeroportata:

$$Wp = E \cdot 60 / (Cp \cdot Es) = Wp = 4.308,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Portata richiesta dai filtri terminali**

Velocità media di dimensionamento degli HEPA terminali

$$Wfu = 4.434,9 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Vm \text{ filtri} = 0,48 \text{ m/sec}$$

**La portata ambiente risulta:**

$$Wa = 4.434,9 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Le ricircolazioni di aria condizionata risultano:**

$$R = 153,26 \text{ 1/h}$$

Temperatura di immissione:  $Ti = Ta - Qs \cdot 3600 \cdot 1000 / (Wa \cdot 1213,5) =$

$$Ti = 19,6 \text{ °C}$$

Entalpia di immissione:

$$Ji = 41,84 \text{ KJ/kg}$$

Portata aria entrante per sovrappressione:

$$Wi = 0,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

Portata aria persa per sovrappressione

$$Wp = 58,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

Portata totale da reintegrare:

$$We = 58,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

Portata aria ricircolata:

$$Wr = 4.376,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

I rinnovi risultano:

$$N = 14,72 \text{ 1/h}$$



Doc. 2: Fascicolo calcoli termoigrometrici

**Locale 8**

**Preparazione Colliri**

Pressione differenziale	p =	40,0 Pa
Persone presenti	n =	1,0
Superficie in pianta	S =	7,88 m <sup>2</sup>
Altezza	h =	2,80 m
Calore generato dalle lampade	Qi =	0,32 Kw
Calore generato dalle macchine	Qm =	1,57 Kw
Calore latente persone	Qlp =	0,08 Kw
Calore sensibile persone	Qsp =	0,10 Kw
Rientrate termiche estive	Qr =	1,04 Kw
Calore sensibile totale	Qst =	3,04 Kw
Vapore liberato in ambiente	Vap =	0,00 g/h
Calore latente totale	Ql =	0,08 Kw
Grado di sottoraffreddamento massimo	dTa =	2,40 °C
Efficienza di pulizia	Es =	0,41 %
Volume ambiente	V =	22,08 m <sup>3</sup>
Concentrazione massima accettabile di particelle	Cp =	351.676 pt/m <sup>3</sup>
Sorgente totale interna di particelle	E =	5.336.559 pt/min
Portata espulsori	Wex =	350,0 m <sup>3</sup> /h
Postriscaldamento elettrico locale	Qpe =	0,000 Kw
Temperatura ambiente calcolata	Ta =	22,0 °C
Batteria di post riscaldamento locale	Qbp =	4,9 Kw
Post locale di impianto estate	Qpi =	(0,0) Kw
	Zona	2,0

Portata di smaltimento calore sensibile:

$$Ws = Qs \cdot 3600 \cdot 1000 / (dtl \cdot 1213,5) = Ws = 3.752,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Portata di smaltimento contaminazione aeroportata:

$$Wp = E \cdot 60 / (Cp \cdot Es) = Wp = 2.211,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Portata richiesta dai filtri terminali**

Velocità media di dimensionamento degli HEPA terminali

$$Wfu = 3.793,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

**La portata ambiente risulta:**

$$Vm \text{ filtri} = 0,48 \text{ m/sec}$$

$$Wa = 3.793,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Le ricircolazioni di aria condizionata risultano:**

$$R = 171,83 \text{ 1/h}$$

Temperatura di immissione:  $Ti = Ta - Qs \cdot 3600 \cdot 1000 / (Wa \cdot 1213,5) =$

$$Ti = 19,6 \text{ °C}$$

Entalpia di immissione:

$$Ji = 41,90 \text{ KJ/kg}$$

Portata aria entrante per sovrappressione:

$$Wi = 0,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

Portata aria persa per sovrappressione

$$Wp = 41,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Portata totale da reintegrare:

$$We = 391,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Portata aria ricircolata:

$$Wr = 3.401,9 \text{ m}^3/\text{h}$$

I rinnovi risultano:

$$N = 16,51 \text{ 1/h}$$

## - DIMENSIONAMENTO TERMOIGROMETRICO DELLA U.T.A.

I parametri di riferimento per la progettazione in regime estivo sono:

Temperatura media di immissione:

$$T_i = 19,62 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Entalpia media di immissione:

$$J_i = 41,89 \text{ KJ/kg}$$

Dal diagramma psicrometrico si ricava:

Temperatura di fine trattamento estivo

$$T_c = 12,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Entalpia aria di fine trattamento estivo

$$j_c = 34,1 \text{ KJ/kg}$$

Calore latente totale entrante nell'impianto

$$Q_{lt} = 0,2 \text{ Kw}$$

Portata espulsione centralizzata

$$W_{ec} = 0,0 \text{ Kw}$$

Calore sensibile totale entrante nell'impianto

$$Q_{st} = 8,3 \text{ Kw}$$

Portata totale aria esterna da reintegrare

$$W_{ae} = 736,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

Portata totale aria da immettere nei locali

$$W_a = 10.316,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

Portata aria HVAC passa materiali

$$W_{pmi} = 261,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

Portata aria espulsa passa materiali

$$W_{pme} = 261,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

Portata totale espulsore

$$W_{te} = 611,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

La quantità di aria persa dai canali è valutabile nel seguente modo:

$$W_{pc} = W_a * 0,030 =$$

$$W_{pc} = 309,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

La quantità persa in totale, pari a quella esterna da immettere risulta:

$$W_m = W_{pc} + W_{ae} =$$

$$W_m = 1.045,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

La quantità di aria totale inviata dal condizionatore risulta:

$$W_t = W_a + W_{pc} + W_{pm} =$$

$$W_t = 10.887,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

La quantità di aria ricircolata risulta :

$$W_r = W_a - W_{ae} + W_{pm} =$$

$$W_r = 9.841,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

Il rapporto di rinnovo risulta:

$$R_m = 0,096$$

Il riscaldamento dell'aria nei canali di adduzione compresi tra condizionatore e filtri assoluti dovuto alle rientrate termiche può essere valutato nel seguente modo:

$$Q_r = (T_{ec} - T_i) * K_s * S_c =$$

$$Q_r = 1.164,3 \text{ W}$$

Dove:

coefficiente globale di scambio canali coibentati :

$$K_s = 1,6 \text{ W/m}^2\text{ } ^\circ\text{C}$$

Superficie di scambio totale stimata dei canali di mandata/ripresa :

$$S_c = 70,0 \text{ m}^2$$

L'incremento termico che questo induce nell'aria risulta:

$$dT_1 = 3600 * Q_r / (1213,5 * W_t) =$$

$$dT_1 = 0,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La temperatura di uscita dal condizionatore risulta:

$$T_u = T_i - dT_1 =$$

$$T_u = 19,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Il calcolo esposto è approssimato in quanto fa riferimento alla temperatura  $T_i$  e non alla temperatura media dell'aria nel canale. Per avere il valore corretto occorrerebbe fare un procedimento iterativo che però non è giustificato dall'approssimazione di questi calcoli. Oltre al riscaldamento dovuto alle rientrate nei canali dobbiamo tenere conto anche del riscaldamento dovuto al ventilatore di mandata. Nelle condizioni di fine vita dei filtri tale ventilatore erogherà la massima prevalenza al circuito aeraulico, prevalenza che verrà dissipata tutta in calore. L'incremento termico derivante può essere così calcolato:

**Doc. 2: Fascicolo calcoli termoigrometrici**

Prevalenza totale massima del ventilatore:

$$H_t = 1.400,0 \text{ Pa}$$

Incremento termico del ventilatore e della serranda di regolazione:

$$dT_2 = H_t / (0,9 \cdot 0,7 \cdot 1213) =$$

$$dT_2 = 1,831 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La temperatura dell'aria in arrivo al ventilatore deve quindi essere di:

$$T_{m2} = T_u - dt_2 =$$

$$T_{m2} = 18,020 \text{ } ^\circ\text{C}$$

In questo caso, la portata di by-pass risulta:

$$X = W_t \cdot (T_{m2} - T_c) / (T_r - T_c) =$$

$$X = 5.983,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

Dove  $T_r$  è la temperatura media dell'aria ricircolata

$$T_r = T_i + Q_{st} \cdot 3600 / (1,2135 \cdot W_a + dT_1 + dT_2 \cdot 0,3) =$$

$$T_r = 22,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

L'entalpia dell'aria ricircolata risulta:

$$J_r = J_i + (Q_{lt} + Q_{st}) \cdot 3600 / (W_a \cdot 1,22) =$$

$$j_r = 45,2 \text{ KJ/kg}$$

Di questa ne viene trattata la quantità:

$$W = (W_r - X) =$$

$$W = 3.858,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

Questa quantità di aria arriva nel plenum di ingresso del condizionatore e lì si miscela con l'aria esterna.

La portata di aria trattata e le condizioni della miscela, vedi diagramma psicrometrico allegato, sono:

quantità di aria totale trattata :

$$W_1 = W + W_m =$$

$$W_1 = 4.903,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

temperatura di miscela estiva :

$$T_{m1} = (W \cdot T_r + W_m \cdot T_e) / W_1 =$$

$$T_{m1} = 25,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

entalpia della miscela :

$$J_1 = (J_r \cdot W + W_m \cdot J_m) / W_1 =$$

$$j_1 = 53,9 \text{ KJ/kg}$$

Il salto entalpico nella batteria di deumidificazione deve essere:

$$dJ = (J_1 - J_c) =$$

$$dj = 19,8 \text{ KJ/kg}$$

e la potenzialità frigorifera necessaria risulta:

**Potenza frigorifera :**

$$DJ \cdot 1,23 \cdot W_1 / 3600 =$$

$$PF = 33,1 \text{ Kw}$$

La potenzialità di post riscaldamento estivo minima necessaria a pieno carico risulta:

**Post riscaldamento estivo a pieno carico:**

$$(T_{m2} - (W_1 \cdot T_c + X \cdot T_r) / W_t) \cdot W_t \cdot 1213,5 / 3600 =$$

$$PRE1 = (0,0) \text{ Kw}$$

**Post riscaldamento estivo senza carico:**

$$PRE2 = 8,3 \text{ Kw}$$

**Post riscaldamento autunnale senza carico:**

$$PRE3 = 13,3 \text{ Kw}$$

Doc. 2: Fascicolo calcoli termoigrometrici

VERIFICA INVERNALE

In regime invernale con i dati di progetto assegnati in caso di funzionamento notturno senza carico si ha:

Perdita totale di calore dagli ambienti:

$$Q_s = 2,1 \text{ kw}$$

grado di sovrariscaldamento :

$$dT = Q_r / 1213.5 \cdot W_a = 0,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

Temperatura di immissione:

$$T_i = T_a + dT = 22,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

Sottoraffreddamento nei canali di ricircolo e mandata:

$$dT_1 = 0,0 \text{ }^\circ\text{C}$$

La temperatura dell'aria di ricircolo diviene:

$$T_r = 22,0 \text{ }^\circ\text{C}$$

Temperatura di miscela invernale:

$$T_{m1} = (W \cdot T_r + W_m \cdot T_e) / W_1 = 16,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

La temperatura di uscita dal condizionatore risulta:

$$T_u = T_a + dT_1 + dT = 22,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

La temperatura di fine miscela con aria di by-pass risulta:

$$T_{m2} = T_u - dT_2 = 20,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

La temperatura di fine riscaldamento invernale risulta:

$$T_{ci} = (W_t \cdot T_{m2} - X \cdot T_r) / W_1 = 19,3 \text{ }^\circ\text{C}$$

**Potenzialità totale di riscaldamento invernale:**

$$W_1 \cdot (T_{ci} - T_{m1}) \cdot 1213.5 / (3600 \cdot 1000) = R.I. \text{ Inv.} = 6,8 \text{ Kw}$$

**Umidificazione invernale: SI**

Tenendo conto della presenza o meno dell'umidificazione, la potenzialità della batteria di preriscaldamento invernale risulta :

$$\text{Batteria di Preriscaldamento invernale: Pre.Ri.} = 0,0 \text{ Kw}$$

**Postriscaldamento invernale:**

$$(R.I. \text{ TOT.} - \text{PRE.RI}) = \text{PostRi.} = 6,8 \text{ Kw}$$

**Potenzialità totale umidificazione:**

$$(W_m \cdot ((J_a - j_{ei}) \cdot 1,22 - 1,2135 \cdot (T_a - T_e)) / 3600 - Q_{lt}) \cdot 3600 / 2532 = W_{vap} = 8,6 \text{ kg/h}$$

Tenendo conto sia dei post riscaldamenti estivi, sia dell'umidificazione che preriscaldamento invernale, la potenzialità di post riscaldamento da installare risulta :

$$\text{Potenzialità di post riscaldamento: Po.Ri.I.} = 13,3 \text{ Kw}$$

$$\text{Batteria centralizzata di Postriscaldamento PostRi.} = \text{NO}$$

**Batterie Locali di Postriscaldamento**

Zona	1	5,7 Kw
Zona	2	7,6 Kw
Zona	3	0,0 Kw
Zona	4	0,0 Kw
Zona	5	0,0 Kw
Zona	6	0,0 Kw

## RIEPILOGO DATI FUNZIONALI

### Dati esterni di riferimento

<b>Estate:</b>	Te =	34,0 °C
	UR <sub>e</sub> =	60,00 %
<b>Inverno:</b>	Te =	(5,0) °C
	UR <sub>e</sub> =	65,00 %

### Potenzialità impianto

<b>Portata totale:</b>	<b>Wt =</b>	<b>10.887,1 m3/h</b>
<b>Portata di rinnovo:</b>	<b>Wm =</b>	<b>1.045,8 m3/h</b>
<b>Potenzialità totale di raffreddamento:</b>	<b>PF =</b>	<b>33,0 Kw</b>
<b>Potenzialità massima per il riscaldamento:</b>	<b>RI.Inv.=</b>	<b>7,0 Kw</b>
<b>Stima potenza totale elettrica impegnata HVAC:</b>	<b>P.E. =</b>	<b>10,0 Kw</b>
<b>Raffreddamento:</b>	<b>P.E. =</b>	<b>13,0 Kw</b>
<b>Umidificazione:</b>	<b>P.E. =</b>	<b>6,0 Kw</b>

### DATI FUNZIONALI PREVISTI PER OGNI LOCALE

#### Locale 1

#### Ingresso materiali

Pressione differenziale ambiente	p=	10,0 Pa
Persone presenti	n =	0,0
Superficie in pianta	S =	2,60 m2
Altezza	h =	2,80 m
Temperatura di immissione estiva	Ti=	19,6 °C
Temperatura ambiente estiva	Ta=	22,20 °C
Umidità ambiente estiva	UR <sub>a</sub> =	53,00 %
Temperatura massima di immissione invernale	Ti=	22,60 °C
Temperatura media ambiente invernale	Ta=	22,00 °C
Umidità ambiente invernale	UR <sub>a</sub> =	50,00 %
Portata aria condizionata ambiente	Wa=	315,06 m3/h
Ricircolazioni orarie di aria condizionata	R=	43,29 1/h
Rinnovi orari	N=	4,16 1/h
Portata totale ricirculatori ambiente	Wfu =	NC m3/h
Ricircolazioni totali aria ambiente	Rt=	NC 1/h
Concentrazione massima di particelle	Cmp=	409.904 pt/m3
Classe di contaminazione "Operativa"stimata	ISO	9 da 0,5μ
Classe di contaminazione "Di Riposo"stimata	ISO	8 da 0,5μ

**Doc. 2: Fascicolo calcoli termoigrometrici**

	Grado farmaceutico	EuGMP	D
<b>Locale 2</b>	<b>Ingresso personale</b>		
	Pressione differenziale ambiente	p=	10,0 Pa
	Persone presenti	n =	0,0
	Superficie in pianta	S =	2,22 m <sup>2</sup>
	Altezza	h =	2,80 m
	Temperatura di immissione estiva	Ti=	19,6 °C
	Temperatura ambiente estiva	Ta=	21,71 °C
	Umidità ambiente estiva	URa=	53,00 %
	Temperatura di immissione invernale	Ti=	22,60 °C
	Temperatura ambiente invernale	Ta=	22,00 °C
	Umidità ambiente invernale	URa=	50,00 %
	Portata aria condizionata ambiente	Wa=	427,96 m <sup>3</sup> /h
	Ricircolazioni orarie di aria condizionata	R=	68,96 1/h
	Rinnovi orari	N=	6,62 1/h
	Portata totale ricircolatori ambiente	Wfu =	NC m <sup>3</sup> /h
	Ricircolazioni totali aria ambiente	Rt=	NC 1/h
	Concentrazione massima di particelle	Cmp=	268.651 pt/m <sup>3</sup>
	Classe di contaminazione "Operativa"stimata	ISO	9 da 0,5µ
	Classe di contaminazione "Di Riposo"stimata	ISO	8 da 0,5µ
	Grado farmaceutico	EuGMP	D
<b>Locale 3</b>	<b>Corridoio D</b>		
	Pressione differenziale ambiente	p=	20,0 Pa
	Persone presenti	n =	0,0
	Superficie in pianta	S =	5,37 m <sup>2</sup>
	Altezza	h =	2,80 m
	Temperatura di immissione estiva	Ti=	19,6 °C
	Temperatura ambiente estiva	Ta=	22,02 °C
	Umidità ambiente estiva	URa=	53,00 %
	Temperatura di immissione invernale	Ti=	22,60 °C
	Temperatura ambiente invernale	Ta=	22,00 °C
	Umidità ambiente invernale	URa=	50,00 %
	Portata aria condizionata ambiente	Wa=	551,23 m <sup>3</sup> /h
	Ricircolazioni orarie di aria condizionata	R=	36,67 1/h
	Rinnovi orari	N=	3,52 1/h
	Portata totale ricircolatori ambiente	Wfu =	NC m <sup>3</sup> /h
	Ricircolazioni totali aria ambiente	Rt=	NC 1/h
	Concentrazione massima di particelle	Cmp=	32.761 pt/m <sup>3</sup>
	Classe di contaminazione "Operativa"stimata	ISO	8 da 0,5µ
	Classe di contaminazione "Di Riposo"stimata	ISO	7 da 0,5µ

**Doc. 2: Fascicolo calcoli termoigrometrici**

	Grado farmaceutico	EuGMP	D
<b>Locale 4</b>	<b>Svestizione</b>		
	Pressione differenziale ambiente	p=	25,0 Pa
	Persone presenti	n =	0,0
	Superficie in pianta	S =	1,70 m <sup>2</sup>
	Altezza	h =	2,80 m
	Temperatura di immissione estiva	Ti=	19,6 °C
	Temperatura ambiente estiva	Ta=	22,01 °C
	Umidità ambiente estiva	URa=	53,00 %
	Temperatura di immissione invernale	Ti=	22,60 °C
	Temperatura ambiente invernale	Ta=	22,00 °C
	Umidità ambiente invernale	URa=	50,00 %
	Portata aria condizionata ambiente	Wa=	202,91 m <sup>3</sup> /h
	Ricircolazioni orarie di aria condizionata	R=	42,63 1/h
	Rinnovi orari	N=	4,09 1/h
	Portata totale ricircolatori ambiente	Wfu =	NC m <sup>3</sup> /h
	Ricircolazioni totali aria ambiente	Rt=	NC 1/h
	Concentrazione massima di particelle	Cmp=	402.230 pt/m <sup>3</sup>
	Classe di contaminazione "Operativa"stimata	ISO	8 da 0,5µ
	Classe di contaminazione "Di Riposo"stimata	ISO	7 da 0,5µ
	Grado farmaceutico	EuGMP	D
<b>Locale 5</b>	<b>Vestizione sterile</b>		
	Pressione differenziale ambiente	p=	30,0 Pa
	Persone presenti	n =	0,0
	Superficie in pianta	S =	2,33 m <sup>2</sup>
	Altezza	h =	2,80 m
	Temperatura di immissione estiva	Ti=	19,6 °C
	Temperatura ambiente estiva	Ta=	22,02 °C
	Umidità ambiente estiva	URa=	53,00 %
	Temperatura di immissione invernale	Ti=	22,60 °C
	Temperatura ambiente invernale	Ta=	22,00 °C
	Umidità ambiente invernale	URa=	50,00 %
	Portata aria condizionata ambiente	Wa=	275,62 m <sup>3</sup> /h
	Ricircolazioni orarie di aria condizionata	R=	42,26 1/h
	Rinnovi orari	N=	4,06 1/h
	Portata totale ricircolatori ambiente	Wfu =	NC m <sup>3</sup> /h
	Ricircolazioni totali aria ambiente	Rt=	NC 1/h
	Concentrazione massima di particelle	Cmp=	50.362 pt/m <sup>3</sup>
	Classe di contaminazione "Operativa"stimata	ISO	7 da 0,5µ
	Classe di contaminazione "Di Riposo"stimata	ISO	5 da 0,5µ

**Doc. 2: Fascicolo calcoli termoigrometrici**

	Grado farmaceutico	EuGMP	C
<b>Locale 6</b>			
<b>Controllo Vestizione</b>			
Pressione differenziale ambiente	p=	35,0	Pa
Persone presenti	n =	0,0	
Superficie in pianta	S =	1,37	m2
Altezza	h =	2,80	m
Temperatura di immissione estiva	Ti=	19,6	°C
Temperatura ambiente estiva	Ta=	22,02	°C
Umidità ambiente estiva	URa=	53,00	%
Temperatura di immissione invernale	Ti=	22,60	°C
Temperatura ambiente invernale	Ta=	22,00	°C
Umidità ambiente invernale	URa=	50,00	%
Portata aria condizionata ambiente	Wa=	315,06	m3/h
Ricircolazioni orarie di aria condizionata	R=	82,13	1/h
Rinnovi orari	N=	7,89	1/h
Portata totale ricircolatori ambiente	Wfu =	NC	m3/h
Ricircolazioni totali aria ambiente	Rt=	NC	1/h
Concentrazione massima di particelle	Cmp=	70.530	pt/m3
Classe di contaminazione "Operativa"stimata	ISO	7	da 0,5µ
Classe di contaminazione "Di Riposo"stimata	ISO	5	da 0,5µ
Grado farmaceutico	EuGMP	B	
<b>Locale 7</b>			
<b>Nutrizione Parenterale</b>			
Pressione differenziale ambiente	p=	45,0	Pa
Persone presenti	n =	2,0	
Superficie in pianta	S =	10,33	m2
Altezza	h =	2,80	m
Temperatura di immissione estiva	Ti=	19,6	°C
Temperatura ambiente estiva	Ta=	22,01	°C
Umidità ambiente estiva	URa=	53,00	%
Temperatura di immissione invernale	Ti=	22,60	°C
Temperatura ambiente invernale	Ta=	22,00	°C
Umidità ambiente invernale	URa=	50,00	%
Portata aria condizionata ambiente	Wa=	4.434,91	m3/h
Ricircolazioni orarie di aria condizionata	R=	153,26	1/h
Rinnovi orari	N=	14,72	1/h
Portata totale ricircolatori ambiente	Wfu =	NC	m3/h
Ricircolazioni totali aria ambiente	Rt=	NC	1/h
Concentrazione operativa massima di particelle	Cmp=	74.269	pt/m3
Classe di contaminazione "Operativa"stimata	ISO	7	da 0,5µ
Classe di contaminazione "Di Riposo"stimata	ISO	5	da 0,5µ



**Doc. 2: Fascicolo calcoli termoigrometrici**

Grado farmaceutico		EuGMP	B
<b>Locale 8</b>	<b>Preparazione Colliri</b>		
	Pressione differenziale ambiente	p=	40,0 Pa
	Persone presenti	n =	1,0
	Superficie in pianta	S =	7,88 m <sup>2</sup>
	Altezza	h =	2,80 m
	Temperatura di immissione estiva	Ti=	19,6 °C
	Temperatura ambiente estiva	Ta=	21,99 °C
	Umidità ambiente estiva	URa=	53,00 %
	Temperatura di immissione invernale	Ti=	22,60 °C
	Temperatura ambiente invernale	Ta=	22,00 °C
	Umidità ambiente invernale	URa=	50,00 %
	Portata aria condizionata ambiente	Wa=	3.793,48 m <sup>3</sup> /h
	Ricircolazioni orarie di aria condizionata	R=	171,83 1/h
	Rinnovi orari	N=	16,51 1/h
	Portata totale ricirculatori ambiente	Wfu =	NC m <sup>3</sup> /h
	Ricircolazioni totali aria ambiente	Rt=	NC 1/h
	Concentrazione massima di particelle	Cmp=	44.562 pt/m <sup>3</sup>
	Classe di contaminazione "Operativa"stimata	ISO	7 da 0,5μ
	Classe di contaminazione "Di Riposo"stimata	ISO	5 da 0,5μ
	Grado farmaceutico	EuGMP	B