



CONSIGLIO NAZIONALE INGEGNERI



FONDAZIONE
CONSIGLIO NAZIONALE INGEGNERI

**Ricominciamo a parlare di Termotecnica
Impianti Meccanici
«Impianti meccanici per applicazioni speciali»**

13/01/2023

IMPIANTI AEREAULICI AI FINI DEL BENESSERE

RICHIAMI DI TERMOTECNICA – L'ARIA UMIDA

• IPOTESI

- Aria e Vapor d'acqua si comportano come gas ideali
- Rispondono all'equazione di stato dei gas ideali

$$PV=nRT \quad R = 8314 \frac{KJ}{molK} \quad R = 1987 \frac{Kcal}{mol^{\circ}C}$$

- Se con n indichiamo il rapporto tra la massa e la massa molare allora l'equazione di stato diventa

$$PV=(m/M)RT = Pv=rT \quad P/\rho=rT$$

RICHIAMI DI TERMOTECNICA – L'ARIA UMIDA

- LA LEGGE DI DALTON
 - In una miscela di gas ideali la pressione totale è uguale alla pressione parziale esercitata da ogni singolo componente.
 - Per l'aria ed il vapor d'acqua $P_t = P_a + P_v$

Alle pressioni parziali massime che può raggiungere nell'atmosfera, anche il vapor d'acqua è considerato un gas perfetto e pertanto in un metro cubo di aria, per la legge di Dalton, non può essere contenuta una quantità di vapore superiore a quella capace di saturare tale volume se fosse **solo** da esso occupato. Ogni metro cubo di aria può quindi contenere al massimo una quantità ben determinata di vapore d'acqua.

RICHIAMI DI TERMOTECNICA – L'ARIA UMIDA

Per l'aria umida si definisce pertanto:

Umidità specifica: Rapporto tra la quantità in massa di vapore acqueo e la massa di aria secca in un determinato volume

Umidità relativa: Rapporto tra la massa di vapore acqueo contenuto in un determinato volume di aria e la massa di vapore acqueo saturante alle stesse condizioni di Temperatura e Pressione

$$x = \frac{m_v}{m_a} \qquad \psi = \frac{m_v}{m_{vs}}$$

RICHIAMI DI TERMOTECNICA – L'ARIA UMIDA

Applicando per la massa di vapore e per la massa d'aria l'equazione di stato dei gas risulta:

$$m_v = \frac{P_v V M_v}{RT} \quad m_a = \frac{P_a V M_a}{RT} \quad m_{vs} = \frac{P_s V M_v}{RT}$$

Considerando che la massa molare dell'aria è circa 29 kg/kmole e che quella dell'acqua è 18 kg/kmole

$$X = \frac{m_v}{m_a} = 0,621 \frac{P_v}{P_t - P_v} \quad \psi = \frac{m_v}{m_{vs}} = \frac{P_v}{P_s}$$

Umidità specifica

Umidità relativa

RICHIAMI DI TERMOTECNICA – L'ARIA UMIDA

- Il valore della pressione parziale del vapor d'acqua può essere determinato analiticamente tramite l'equazione di Clausius-Clapeyron addomesticata da costanti determinate empiricamente sulla base dei dati sperimentali:

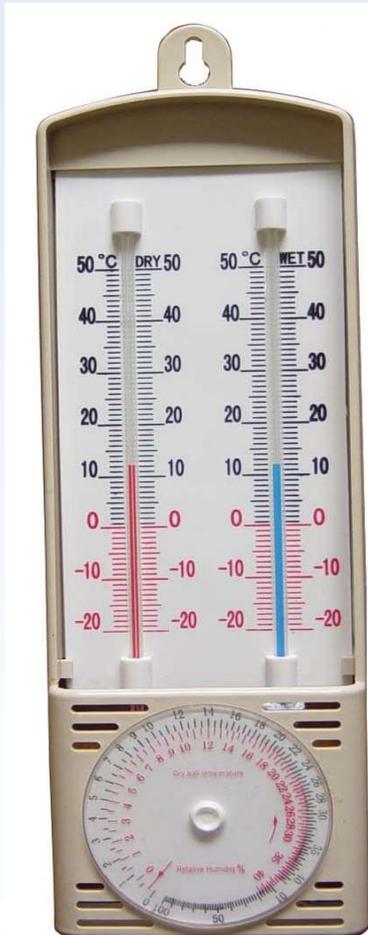
$$P_s = 6,11 \cdot 10^{\frac{7,5 \cdot T_{\circ C}}{237,7 + T_{\circ C}}}$$

Equazione di Clausius-Clapeyron (P in mbar)
(determinazione empirica delle costanti)

RICHIAMI DI TERMOTECNICA – L'ARIA UMIDA

Temperatura	°C	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6
Pressione	kPa	0,260	0,309	0,368	0,437	0,517	0,610	0,705	0,813	0,934
	mm Hg	1,95	2,32	2,76	3,28	3,88	4,58	5,29	6,10	7,01
Temperatura	°C	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Pressione	kPa	1,07	1,22	1,40	1,60	1,82	2,06	2,34	2,64	2,98
	mm Hg	8,05	9,21	10,52	11,99	13,63	15,48	17,53	19,83	22,38
Temperatura	°C	26	28	30	32	34	36	38	40	42
Pressione	kPa	3,36	3,78	4,24	4,75	5,32	5,94	6,62	7,37	8,20
	mm Hg	25,21	28,35	31,82	35,66	39,90	44,56	49,69	55,32	61,50

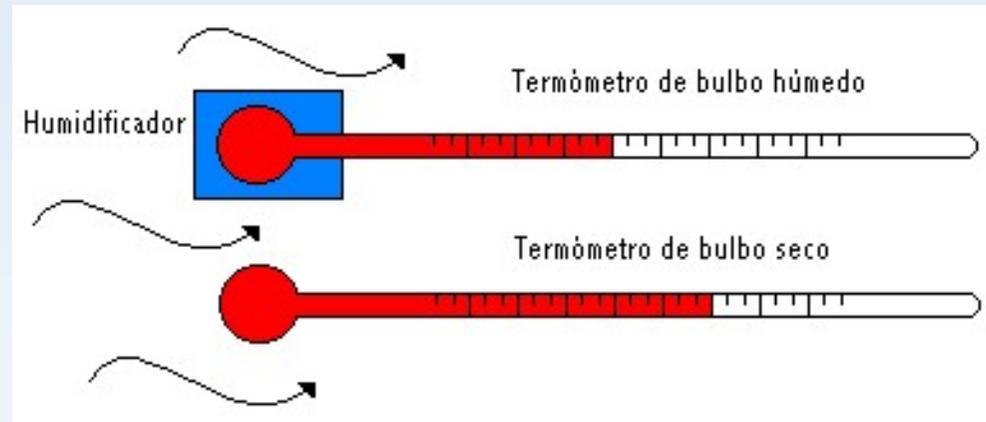
RICHIAMI DI TERMOTECNICA – L'ARIA UMIDA



- Per misurare il valore dell'umidità relativa si utilizza uno strumento chiamato **psicrometro** (dal greco *psicros-freddo* e *metron-misura*).
- Lo strumento misura 2 temperature basandosi sul principio dell'evaporazione della parte di termometro immersa in un bulbo umido (igrometro di Assman)

RICHIAMI DI TERMOTECNICA – L'ARIA UMIDA

Temp. del bulbo umido	Differenza tra le temperature dei due bulbi											
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
2	90	83	75	67	61	54	47	42	36	31	26	23
3	90	83	76	69	63	56	49	44	39	34	29	26
4	91	84	77	70	64	57	51	46	41	36	32	28
5	91	85	78	71	65	59	54	48	43	39	34	30
6	92	85	78	72	66	61	56	50	45	41	35	33
7	92	86	79	73	67	62	57	52	47	43	39	35
8	92	86	80	74	68	63	58	54	49	45	41	37
9	93	86	81	75	70	65	60	55	51	47	43	39
10	94	87	82	76	71	66	61	57	53	48	45	41
11	94	88	82	77	72	67	62	58	55	50	47	43
12	94	88	82	78	73	68	63	59	56	52	48	44
13	94	89	83	78	73	69	64	61	57	53	50	46
14	94	89	83	79	74	70	66	62	58	54	51	47
15	94	89	84	80	75	71	67	63	59	55	52	49
16	95	90	84	80	75	72	67	64	60	57	53	50
17	95	90	84	81	76	73	68	65	61	58	54	52
18	95	90	85	81	76	74	69	66	62	59	56	53
19	95	91	85	82	77	74	70	66	63	60	57	54
20	95	91	86	82	78	75	71	66	64	61	58	55
21	95	91	86	83	79	75	71	68	65	62	59	56
22	95	91	87	83	79	76	72	69	65	63	60	57
23	96	91	87	83	80	76	72	69	66	63	61	58
24	96	92	88	84	80	77	73	70	67	64	62	59
25	96	92	88	84	81	77	74	70	68	65	63	59
26	96	92	88	84	81	77	74	71	68	65	63	59
27	96	92	88	84	81	77	74	71	68	65	63	59
28	96	92	88	84	81	77	74	71	68	65	63	60
29	96	92	88	84	81	77	74	72	69	66	63	60
30	97	93	89	85	82	78	75	72	69	66	64	60
31	97	93	89	85	82	78	75	72	69	66	64	61
32	97	93	89	85	82	78	75	72	70	67	64	61
33	97	93	89	85	82	78	75	72	70	67	64	62
34	97	93	89	85	82	78	75	72	70	67	65	62
35	97	93	89	85	82	78	75	72	70	67	65	62
36	98	94	90	86	83	79	76	73	71	68	65	63
37	98	94	90	86	83	79	76	73	71	68	66	63
38	98	94	90	86	83	79	76	73	71	68	66	63
39	98	94	90	87	83	80	77	74	72	69	67	64
40	98	95	90	87	83	80	77	74	72	69	67	64



T_{WD} = Temperatura bulbo umido

T_{DB} = Temperatura bulbo secco

$$t_w = t * (0.45 + 0.006 * U_r * \text{SQR}(p/1060))$$

t_w = temperatura di bulbo bagnato (in ° C)

t = temperatura di bulbo asciutto (in ° C)

U_r = umidità relativa (in %)

p = pressione (in hPa).

RICHIAMI DI TERMOTECNICA – L'ARIA UMIDA

Per l'aria umida si definisce altresì:

Punto di rugiada: E' quella temperatura a cui una massa d'aria deve essere raffreddata, a pressione costante, affinché diventi satura (ovvero quando la percentuale di vapore acqueo raggiunge il 100% della quantità possibile nell'aria a quella temperatura)

Per l'aria umida sono note le condizioni termoigrometriche “ad una determinata pressione” conoscendo almeno due dei seguenti parametri

$U_{R\%}$ = Umidità relativa

T_{wb} = Temperatura a bulbo umido (wet bulb)

T_{db} = Temperatura a bulbo secco (dry bulb)

T_{dp} = Temperatura di rugiada (dew point)

RICHIAMI DI TERMOTECNICA – L'ARIA UMIDA

Per l'aria umida, trattandola come un gas perfetto, può essere definita un'altra funzione di stato definita con il termine di:

ENTALPIA $H=U+P*V$

Che se viene riferita all'unità di massa

$$h=u+P*v$$

Dal primo principio della termodinamica

$$\delta Q - \delta L = dE = d(E_{cin} + E_{pot} + U)$$

Per il lavoro vale la relazione $\delta L = PdV$

RICHIAMI DI TERMOTECNICA – L'ARIA UMIDA

Pertanto il primo principio della termodinamica può essere riscritto nei termini

$$\delta Q = dU + \delta L \text{ e per unità di massa } \delta q = du + \delta l$$

Differenziando la definizione di entalpia risulta

$$dh = du + d(pv) = du + pdv + vdp$$

$$du = dh - pdv - vdp$$

Che sostituita nell'espressione differenziale del 1° principio

$$\delta q = dh - vdp$$

RICHIAMI DI TERMOTECNICA – L'ARIA UMIDA

In una trasformazione per cui non si hanno variazioni di pressione il calore scambiato è uguale alla variazione di entalpia:

$$\delta q = dh$$

Se anche il calore scambiato è nullo durante la trasformazione a pressione costante allora in assenza di scambio di calore la trasformazione si dice ISOENTALPICA ovvero a entalpia costante

RICHIAMI DI TERMOTECNICA – L'ARIA UMIDA

Per un gas vengono definiti due parametri con il termine di “Capacità termica massica” in funzione della tipologia della trasformazione ovvero le quantità di calore che il sistema scambia per unità di massa a fronte di una variazione di temperatura:

Per trasformazioni a volume costante $\delta q = du$ (kJ/kg)

Per trasformazioni a pressione costante $\delta q = dh$ (kJ/kg)

$c_v = \frac{du}{dT}$ Capacità termica massica a volume costante

$c_p = \frac{dh}{dT}$ Capacità termica massica a pressione costante

RICHIAMI DI TERMOTECNICA – L'ARIA UMIDA

Per l'aria, nell'ipotesi che le trasformazioni avvengano a pressione costante ed in un ristretto range di temperature (-20...+50 ° C) si può ritenere che C_p e C_v siano costanti e valgono:

$$C_p = 1,005 \text{ kJ/kgK} = 0,24 \text{ kcal/kgK} \quad C_p - C_v = r$$

$$C_v = 0,718 \text{ kJ/kgK} = 0,172 \text{ kcal/kgK}$$

Nel caso di trasformazioni a pressione costante per l'aria, **senza trasformazioni di stato**, si potrà quindi scrivere che il calore scambiato in una trasformazione:

$$Q_{12} = \Delta H = C_p m (T_2 - T_1)$$

RICHIAMI DI TERMOTECNICA – L'ARIA UMIDA

Per l'aria, **senza trasformazioni di stato**, considerando la massa nell'unità di tempo si ottiene quindi la potenza utile istantanea necessaria per realizzare una determinata trasformazione tra due livelli di temperatura

$$P = C_p \dot{m}(T_2 - T_1) = 1,005 \dot{m}(T_2 - T_1)$$

Esempio: si deve innalzare la temperatura di aria secca da -5 ° C a +40 ° C con portata pari a 1500 m³/h con ventilatore a valle della batteria di trattamento

$$P = 1,005 \times 1,27 \times (1500/3600) \times (40 - (-5)) = 21,23 \text{ kW}$$

N.B.: La massa volumica è quella dell'aria a 40 ° C

RICHIAMI DI TERMOTECNICA – L'ARIA UMIDA

Operando in un contesto di variazioni di entalpia si assume convenzionalmente pari a zero il valore dell'entalpia dell'aria alla temperatura di 0° C e con umidità relativa pari a zero. A partire da tale punto si può tracciare il diagramma psicometrico dell'aria per tutti gli altri punti considerando che:

$$J = h_{aria} + xh_{vap} = Cp_{aria}t + x(C_{lat-vap} + Cp_{vap}t)$$

Poiché $Cp_{aria}=1,005$ kJ/kgK , $C_{lat-vap}=2500$ J/kg, $Cp_{vap}=1,9$ kJ/kgK

$$J = 1,005t + x(2500+1,9t)$$

RICHIAMI DI TERMOTECNICA – L'ARIA UMIDA

La pendenza della curva si trova differenziando l'espressione precedente che risulta:

$$dJ = (1,005 + 1,9x)dT + (2500 + 1,9T)dx$$

Per curve isoentalpiche necessariamente $dJ=0$ da cui

$$\frac{dx}{dT} = -\frac{1,005 + 1,9x}{2500 + 1,9T}$$

Analogo ragionamento può essere fatto per le curve che riportano la temperatura a bulbo umido costante.

RICHIAMI DI TERMOTECNICA – L'ARIA UMIDA

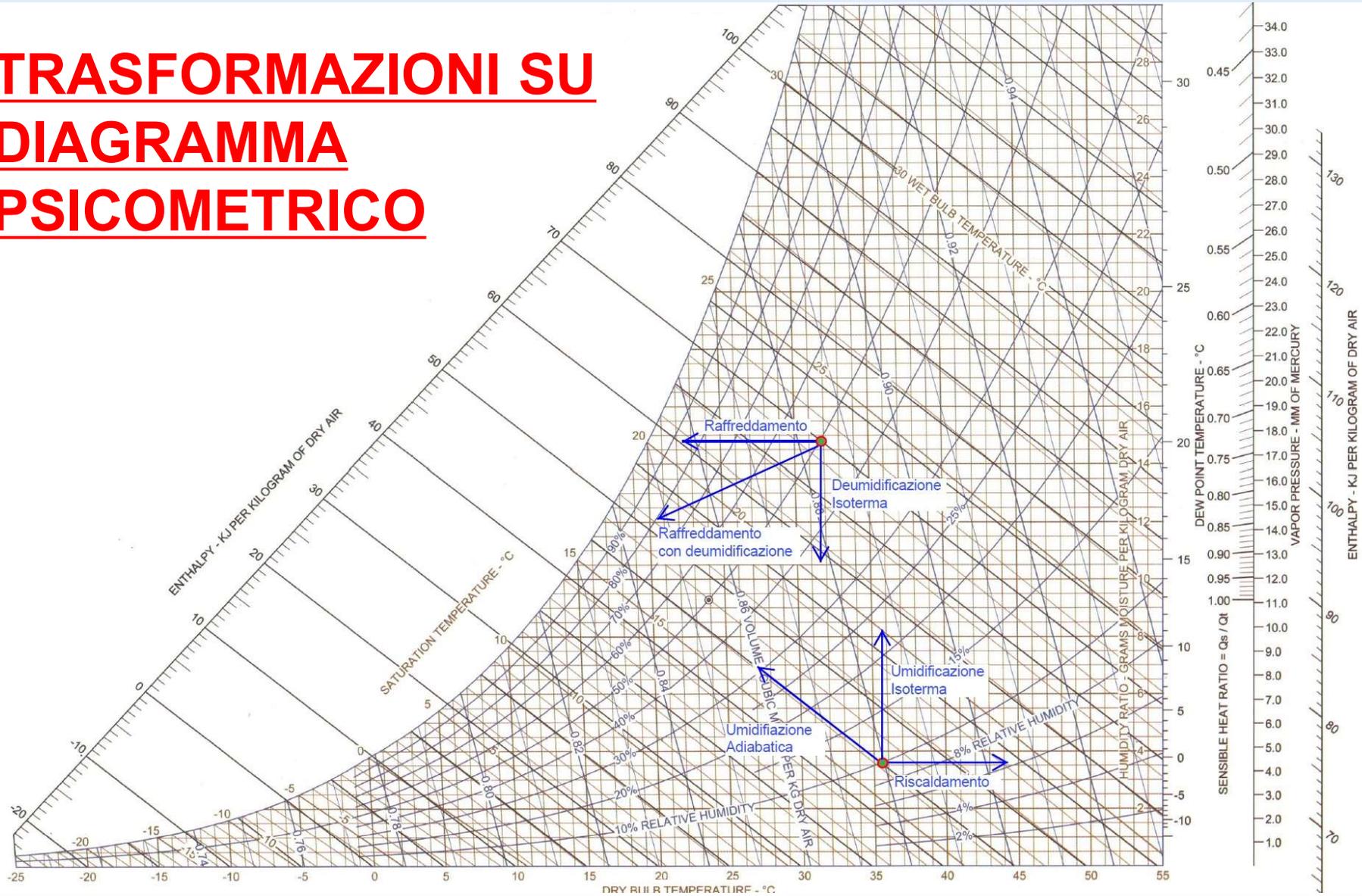
Per l'igrometro di Assman (Psicrometro) per la parte di liquido che evapora sulla garza imbevuta di acqua possiamo scrivere che:

$$\delta Q = -r dx = Cp'_{aria} + x Cp_{vap}) dT$$

$$\frac{dx}{dT} = -\frac{1,005 + 1,9x}{2500}$$

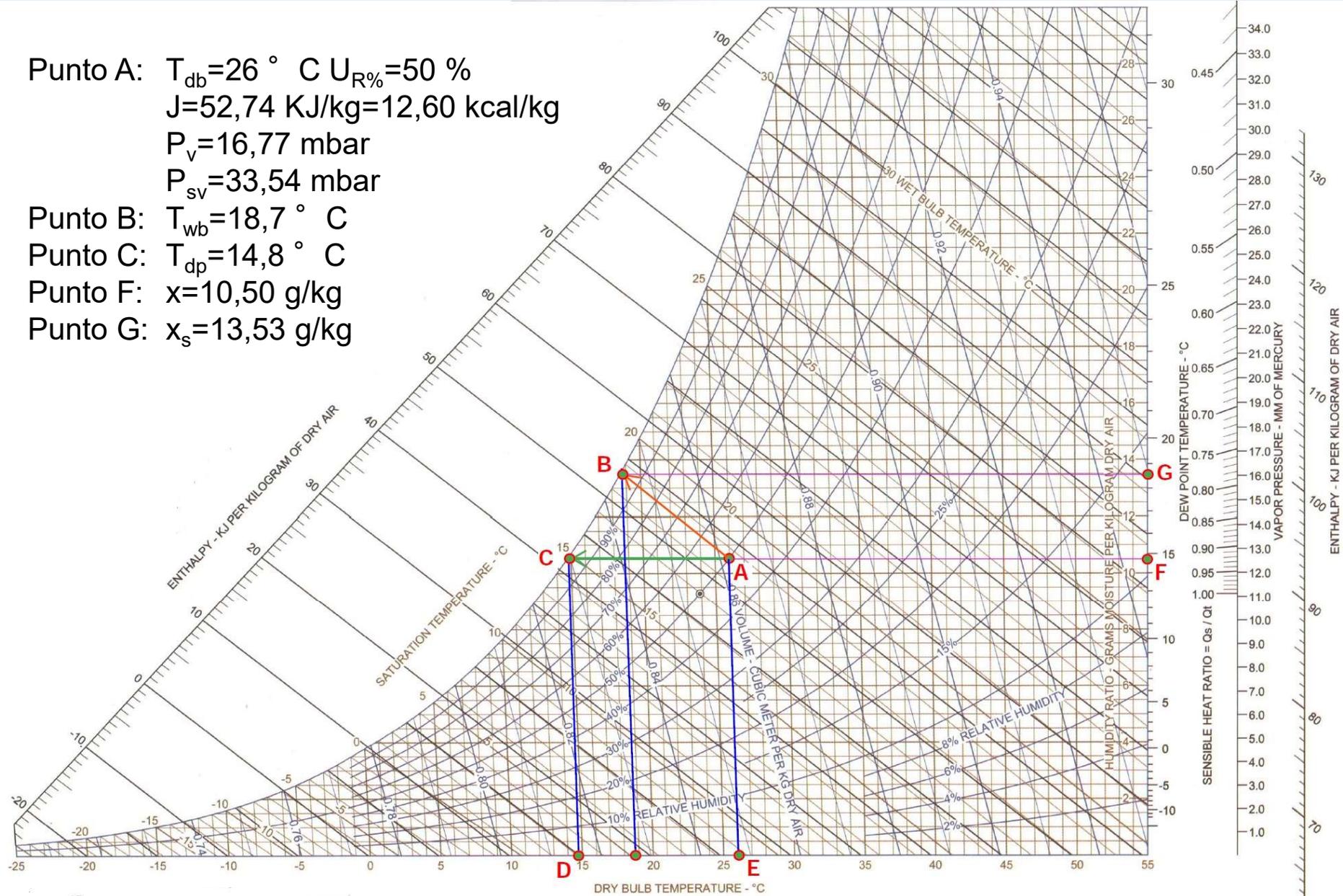
Le curve a bulbo umido costante, seppur di poco, differiscono, come pendenza, rispetto alle curve isoentalpiche per il fattore 1,9t

TRASFORMAZIONI SU DIAGRAMMA PSICOMETRICO



13/01/2023

- Punto A: $T_{db}=26^{\circ} \text{ C}$ $U_{R\%}=50 \%$
 $J=52,74 \text{ KJ/kg}=12,60 \text{ kcal/kg}$
 $P_v=16,77 \text{ mbar}$
 $P_{sv}=33,54 \text{ mbar}$
- Punto B: $T_{wb}=18,7^{\circ} \text{ C}$
Punto C: $T_{dp}=14,8^{\circ} \text{ C}$
Punto F: $x=10,50 \text{ g/kg}$
Punto G: $x_s=13,53 \text{ g/kg}$



TRAFORMAZIONI FONDAMENTALI

TRATTAMENTI DELL'ARIA

- MISCELAZIONE
- RISCALDAMENTO
- UMIDIFICAZIONE
 - Adiabatica**
 - Diretta**
- RAFFREDDAMENTO
- DEUMIDIFICAZIONE
- RAFFREDDAMENTO E DEUMIDIFICAZIONE

TRAFORMAZIONI FONDAMENTALI

Miscela d'aria a due stati diversi:

Dati di Ingresso:

- Portata in massa m'_1 alla temperatura T_1 e umidità relativa $U_{R\%1}$
- Portata in massa m'_2 alla temperatura T_2 e umidità relativa $U_{R\%2}$

$$t_{mix} = \frac{m'_1 t_1 + m'_2 t_2}{m'_1 + m'_2} \quad x_{mix} = \frac{m'_1 x_1 + m'_2 x_2}{m'_1 + m'_2}$$

Esempio: 10000 m³/h a 26 ° C 50% U.R.
 2500 m³/h a 32 ° C e 60% U.R.

TRAFORMAZIONI FONDAMENTALI

Caratteristiche dei vari stati della miscela:

$$\rho_1 = 1,18 \text{ kg/m}^3 \quad \rho_2 = 1,157 \text{ kg/m}^3$$

$$m'_1 = 11800 \text{ m}^3/\text{h} \quad m'_2 = 2892 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$x_1 = 10,5 \text{ g}_{\text{vap}}/\text{kg}_{\text{aria}} \quad x_2 = 18,03 \text{ g}_{\text{vap}}/\text{kg}_{\text{aria}}$$

$$t_{\text{mix}} = (11800 \times 26 + 2892 \times 32) / (11800 + 2892) = 27,18$$

$$x_{\text{mix}}^{\text{C}} = (11800 \times 10,5 + 2892 \times 18,03) / (11800 + 2892) = 11,98 \text{ g}_{\text{vap}}/\text{kg}_{\text{aria}}$$

Sulla base del risultato la miscela avrà $t_{\text{mix}} = 27,18 \text{ }^{\circ} \text{C}$
 $P_s = 35,94 \text{ mbar}$, $P_v = 19,17 \text{ mbar}$ U.R. = 53,3 %

TRAFORMAZIONI FONDAMENTALI

Riscaldamento
Umidificazione adiabatica
Postriscaldamento

Batteria di preriscaldamento					Umidificatore adiabatico					Batteria di postriscaldamento							
AriaTbs [°C]	UR [%]	Tbu [°C]	CUS [g/kg]	Q [kg/s]	AriaTbs [°C]	CUR [%]	Tbu [°C]	CUS [g/kg]	Q [kg/s]	AriaTbs [°C]	CUR [%]	Tbu [°C]	CUS [g/kg]	Q [kg/s]			
In	-8.0	90.0	-8.3	1.72	3.33012	In	27.2	7.7	11.1	1.72	3.33012	In	13.5	75.3	11.1	7.26	3.33012
Out	27.2	7.7	11.1	1.72	3.33012	Out	13.5	75.3	11.1	7.26	3.33012	Out	24.0	39.1	15.3	7.26	3.33012
P1	117.2202					Eff	85.00					P1	34.8461				
P2	100926.6											P2	30002.5				

Condizioni al contorno:

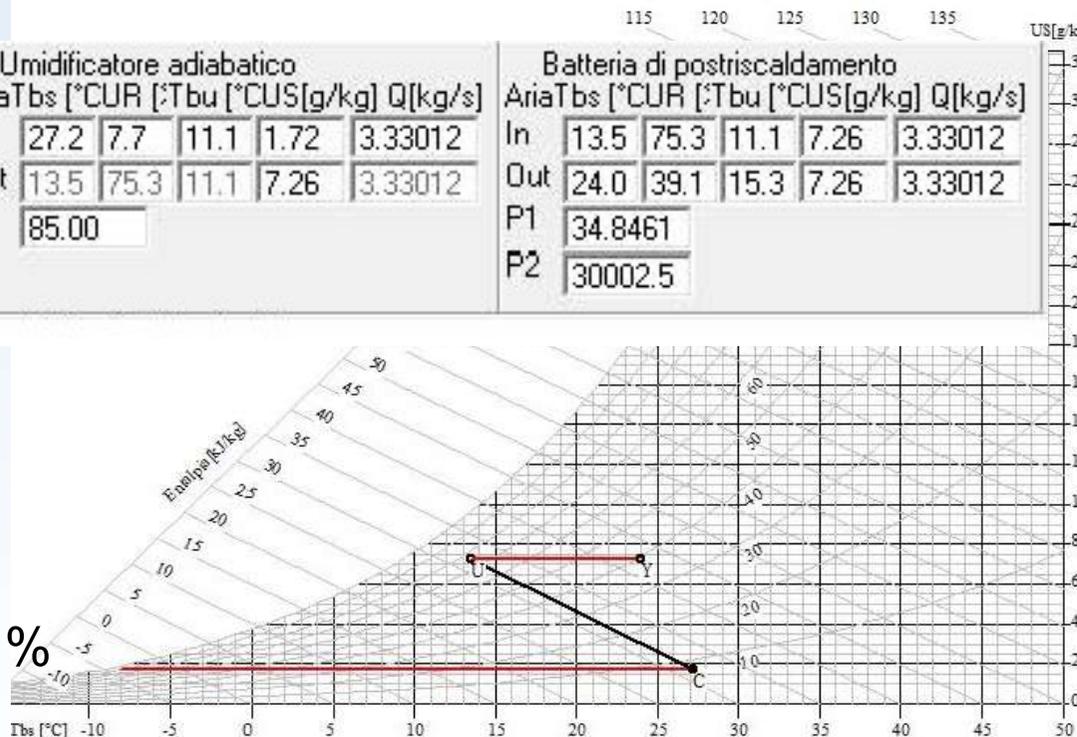
Portata: 10000 m³/h

T_{amb} = 20 ° C 50%

T_{IN} = -8 ° C U.R. = 90%

T_{OUT} = 24° C U.R. = 39,1%

$$\eta_{um} = \frac{x_2 - x_1}{x_s - x_1} 100$$



Batteria di preriscaldamento					Umidificatore adiabatico					Batteria di postriscaldamento							
AriaTbs [°C]	UR [%]	Tbu [°C]	CUS [g/kg]	Q [kg/s]	AriaTbs [°C]	CUR [%]	Tbu [°C]	CUS [g/kg]	Q [kg/s]	AriaTbs [°C]	CUR [%]	Tbu [°C]	CUS [g/kg]	Q [kg/s]			
In	-8.0	90.0	-8.3	1.72	3.33012	In	27.2	7.7	11.1	1.72	3.33012	In	13.5	75.3	11.1	7.26	3.33012
Out	27.2	7.7	11.1	1.72	3.33012	Out	13.5	75.3	11.1	7.26	3.33012	Out	24.0	39.1	15.3	7.26	3.33012
P1	117.2202					Eff	85.00					P1	34.8461				
P2	100926.6											P2	30002.5				

TRAFORMAZIONI FONDAMENTALI

Sezione di miscela					Batteria di raffreddamento						
Es	Tbs [°C]	UR [%]	Tbu [°C]	US [g/kg]	Q [kg/s]	Aria	Tbs [°C]	UR [%]	Tbu [°C]	US [g/kg]	Q [kg/s]
Aria	32.0	60.0	25.5	18.03	1.06172	In	27.5	53.8	20.6	12.38	4.24688
In	26.0	50.0	18.7	10.50	3.18516	Out	12.1	92.1	11.3	8.06	4.24688
Ms	27.5	53.8	20.6	12.38	4.24688	P1	113.350E	S/T	0.578E		
						P2	97595.1	fc	0.85		

Raffreddamento con deumidificazione

Condizioni al contorno:

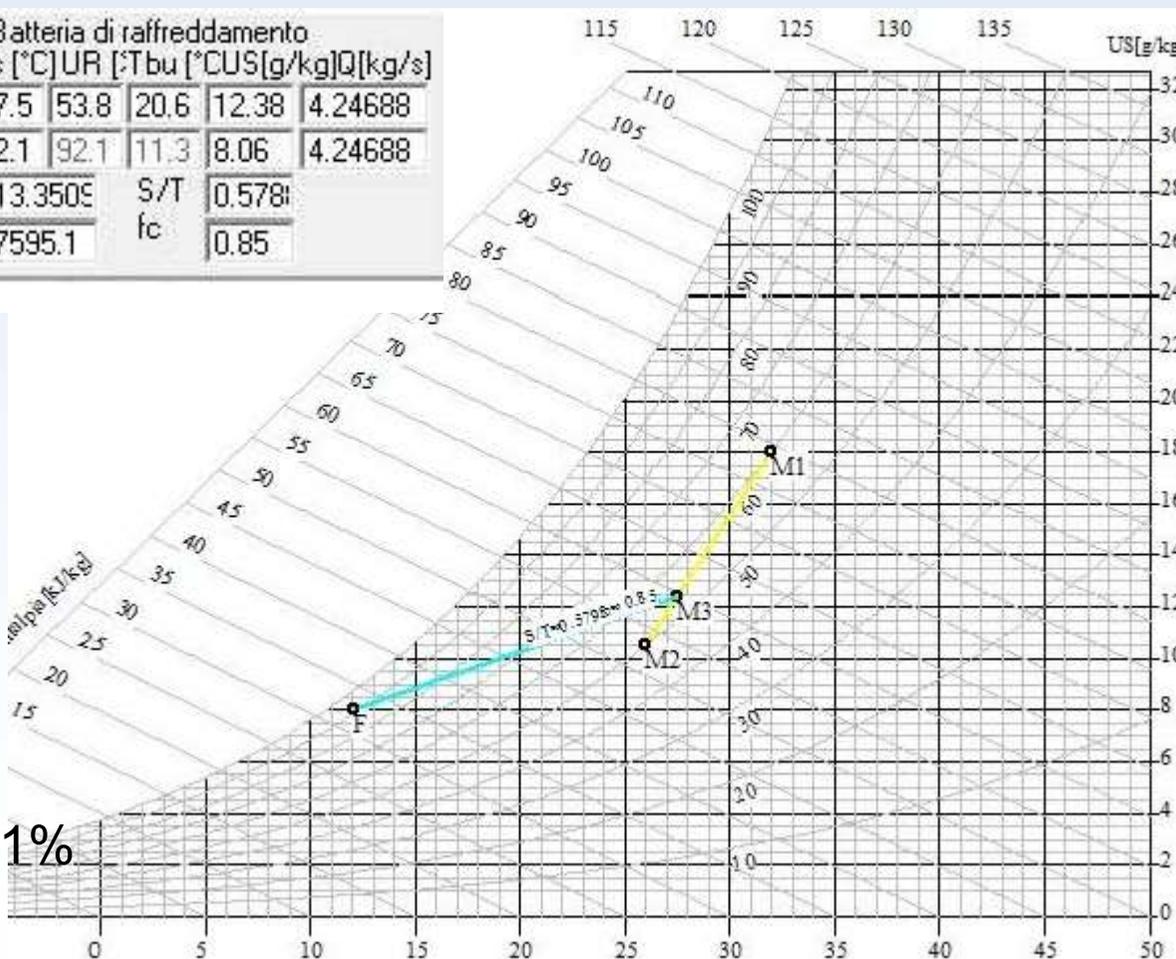
Portata: 10000 m³/h

T_{amb} = 26 ° C 50%

T_{est} = 32 ° C U.R. = 60%

%rinnovo: 25%

T_{OUT} = 12,5° C U.R. = 92,1%



COSA E' UN IMPIANTO AI FINI DEL BENESSERE ?

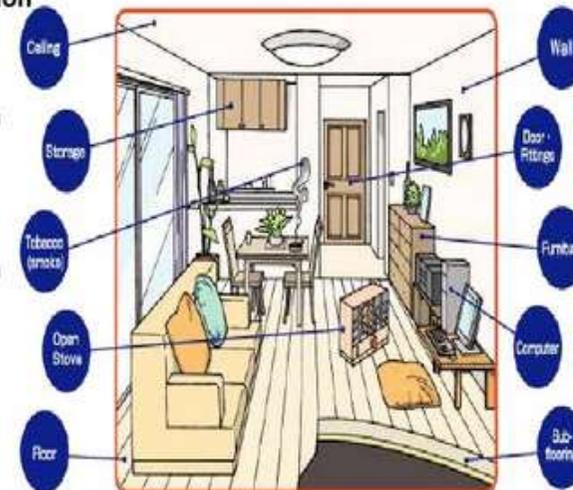
E' un insieme di componenti, adeguatamente dimensionati ed assemblati, che garantisce salubrità ambientale intesa come:

- microclima (temperatura operativa, umidità relativa);
- rumore;
- illuminazione
- controllo di parametri fisici (qualità dell'aria), chimici (VOC, CO₂), biologici (micro-organismi patogeni)



Sick Building Syndrome – Primary Causes

- Inadequate Ventilation
- Chemical Contamination from Indoor sources
- Chemical Contamination from Outdoor sources
- Biological Contaminants



- **NORME DI RIFERIMENTO**

- ISO 7730: Moderate Thermal Environments. Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort (norma che fonda gli aspetti fondamentali sulla ricerca di P.O. Fanger)
- UNI CTI 10339-1995: Impianti aeraulici ai fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta di offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura.
- ASHRAE Standard 55/1992: Thermal Environment Conditions for Human Occupancy

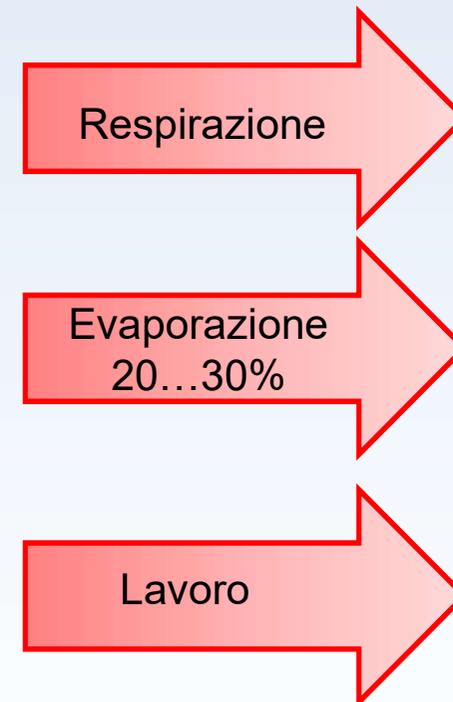
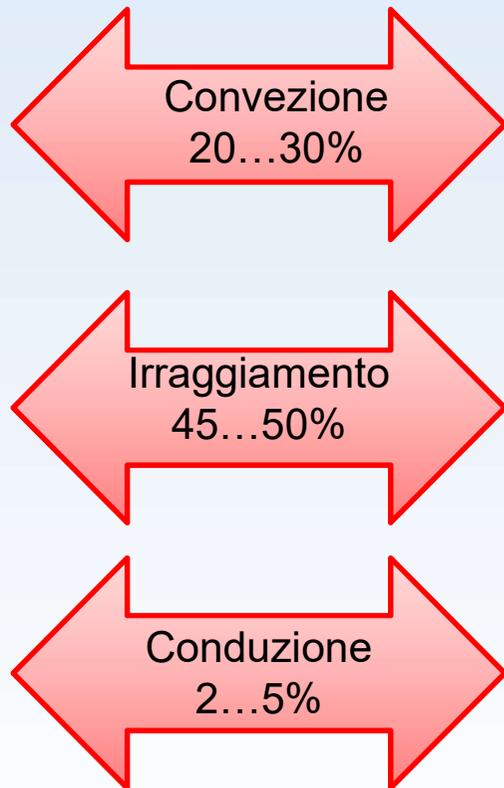
- **CONSIDERAZIONI DI BASE**
TIPOLOGIA DI AMBIENTE TERMICO

- **Moderato**
- **Caldo**
- **Freddo**

Le considerazioni che sono alla base della progettazione degli impianti ai fini del benessere si fondano sulle seguenti ipotesi:

- **Condizioni termoigrometriche sufficientemente omogenee;**
- **Ridotti scambi termici localizzati tra gli occupanti e le pareti dell'ambiente;**
- **Moderata attività fisica;**
- **Uniformità del vestiario;**

SCAMBIO TERMICO TRA ORGANISMO E AMBIENTE



SCAMBIO TERMICO TRA ORGANISMO E AMBIENTE



- **Bilancio energetico del corpo umano per metro quadro di superficie corporea (equazione del benessere termico secondo la teoria di Fanger in W/m^2)**

$$S=M \pm W \pm C \pm K \pm R-E-RES$$

S= Potenza termica accumulata o ceduta dal corpo

M= Potenza termica prodotta dal metabolismo

L= Potenza meccanica scambiata dal corpo con l'esterno

C= Potenza termica scambiata per convezione

K= Potenza termica scambiata per conduzione

R= Potenza termica scambiata per irraggiamento

RES= Potenza termica scambiata attraverso la respirazione

E= Potenza termica scambiata per evaporazione e traspirazione.

SCAMBIO TERMICO TRA ORGANISMO E AMBIENTE



Nel caso di una condizione di benessere $S=0$ e pertanto

$$M \pm W - E - RES = \pm C \pm K \pm R = K_{cl} = C + R$$

K, C e R non sono indipendenti tra di loro, ma si considera che tutto il calore prodotto venga ceduto per conduzione dalla pelle (superficie corporea) ai vestiti per conduzione K_{cl} e quindi dai vestiti all'ambiente per convezione e irraggiamento

Per ogni termine della suddetta equazione sono esplicitati gli algoritmi matematici che definiscono i singoli termini. La suddetta relazione detta **“equazione di Fanger“** o **equazione del benessere termico** mi dice che in relazione ad aspetti di regolazione fisiologica, a sua volta correlati all'ambiente esterno, e ad aspetti comportamentali

$$f(M, L, I_{cl}, t_a, t_{mr}, v_a, UR_a) = 0$$

I_{cl} = Resistenza termica vestiario

t_a = Temperatura dell'aria

t_{mr} = Temperatura media raggiante

v_a = Velocità dell'aria

UR_a = Umidità relativa dell'aria

SCAMBIO TERMICO TRA ORGANISMO E AMBIENTE

FATTORI PERSONALI

- Tasso metabolico M: potenza generata in funzione dell'attività svolta da ogni soggetto W/m² o met

Attività	M/A (W/m ²)	M (*) (W)	met	η
In riposo dormiente	43	77	0,7	0
In riposo coricato	46	84	0,8	0
In riposo seduto	58	104	1,0	0
In riposo in piedi	70	125	1,2	0
In cammino a 3,2 km/h	116	209	2,0	0
In cammino a 8 km/h	336	436	5,8	0
In salita 5% a 1,6 km/h	139	216	2,4	0,07
In salita 25% a 1,6 km/h	209	324	3,6	0,20
Lavoro di piccone e pala	232÷278	418÷501	4÷4,8	0,1÷0,2
Pulizie di casa	116÷197	209÷355	2,0÷3,4	0÷0,1
Scrivere a macchina	64	115	1,1	0
Disegnare	70	125	1,2	0
Ginnastica	174÷232	313÷418	3,0÷4,0	0÷0,1
Danza	139÷255	251÷459	2,4÷4,4	0
Lotta	505	908	8,7	0÷0,1

(*) Riferita ad A=1,8 m²

SCAMBIO TERMICO TRA ORGANISMO E AMBIENTE

- **Fattori personali**

- **Potenza per evaporazione E**

Secondo Fanger tiene conto di 3 fattori di cui i primi due influenzati dall'umidità dell'aria ambiente:

- ✓ L'evaporazione E_d insensibile per perspirazione (esiste per il solo fatto di essere in vita) e non è controllata dall'organismo
 - ✓ L'evaporazione per traspirazione E_{SW} che si attiva attraverso la sudorazione quando la pelle supera i $36\text{ }^\circ\text{C}$ (fattore importante per la valutazione dei carichi latenti in sale da ballo, palestre ad alto affollamento, ecc)
 - ✓ L'evaporazione dell'apparato respiratorio E_{RE} che rappresenta la potenza termica ceduta all'aria per evaporazione delle mucose dell'apparato respiratorio

SCAMBIO TERMICO TRA ORGANISMO E AMBIENTE

– Resistenza termica dell'abbigliamento

Fanger ha definito l'indice di CLO come il rapporto tra la resistenza termica dell'abbigliamento (calcolato sperimentalmente) e un valore di riferimento preso pari a 0,155

Tipo di abbigliamento	r_{cl} (m ² °C/W)	I_{cl} (clo)	f_{cl} (*)
Nudo	0	0	1,0
Pantaloncini corti	0,016	0,1	1,0
Tipica tenuta tropicale	0,047	0,3	1,05
Abbigliamento leggero estivo	0,078	0,5	1,1
Tenuta da lavoro leggera	0,11	0,7	1,1
Abbigliamento invernale per interni	0,16	1,0	1,15
Tenuta tradizionale europea pesante per lavoro	0,23	1,5	1,2
Abbigliamento in uso nei paesi a clima polare	0,46÷0,62	3÷4	1,4

(*) f_{cl} = rapporto tra l'area della superficie del corpo abbigliato e l'area della superficie del corpo nudo

SCAMBIO TERMICO TRA ORGANISMO E AMBIENTE

- **Temperatura dell'aria interna t_a** : temperatura dell'aria espressa in ° C
- **Temperatura media radiante t_{mr}** : espressa in ° C è definibile, qualora non vi siano apprezzabili variazioni di temperatura tra corpo umano e ambiente circostante, come la media pesata delle temperature delle temperature superficiali interne
- **Velocità (media) dell'aria v_a** : è la velocità media in prossimità del corpo umano espressa in m/s
- **Umidità relativa UR_a dell'aria ambiente**

Si ritiene che in ambiente moderato una persona sia in condizioni di benessere è necessario che, conosciuti i fattori personali (metabolismo M e tipologia di vestiario I_{CL}), i fattori ambientali (t_a t_{mr} v_a e UR_a) siano tali da soddisfare l'equazione del benessere

ALTRI FATTORI AMBIENTALI DERIVATI

Un ulteriore indice della temperatura trattato nella teoria di Fanger , nelle procedure di valutazione del benessere è quello relativo alla **temperatura operativa o operante t_o** la quale consente di definire in essa quelle viste sin ora:

$$t_o = \frac{h_r t_{mr} + h_c t_a}{h_r + h_c}$$

La relazione è di difficile impiego a causa della complessità nella determinazione dei coefficienti di scambio termico radiativo h_r e convettivo h_c . La norma ISO 7730 fornisce un algoritmo di calcolo semplificato per il calcolo della t_o

$$t_o = A t_a + (1 - A) t_{mr}$$

Dove il parametro A è funzione della velocità media dell'aria secondo la tabella fornita dalla ISO 7730

Velocità media dell'aria	Parametro "A"
$V_a < 0,2$ m/s	0,5
$0,2 \leq V_a \leq 0,6$ m/s	0,6
$0,6 \leq V_a \leq 1,0$ m/s	0,7

N.B.: Più è alta la velocità dell'aria e più la t_o è prossima alla t_a

L'APPLICAZIONE DELLA NORMA ISO 7730 GLI INDICI GLOBALI PMV E PPD

PMV= Predicted Mean Vote – Voto Medio Previsto

PPD= Predicted Percentage of Dissatisfied – Percentuale Prevista di Insoddisfatti

Il PMV è un indice che predice il valore medio dei voti di un consistente gruppo di persone (più di 1300) sulla seguente scala di sensazione:

molto caldo	voto atteso +3
caldo	voto atteso +2
leggermente caldo	voto atteso +1
neutrale	voto atteso 0
leggermente freddo	voto atteso -1
freddo	voto atteso -2
molto freddo	voto atteso -3

Nelle condizioni per cui è soddisfatta l'equazione del benessere il valore del PMV si attesta in un intervallo

$$-0,5 \leq \text{PMV} \leq 0,5$$

L'APPLICAZIONE DELLA NORMA ISO 7730 GLI INDICI GLOBALI PMV E PPD

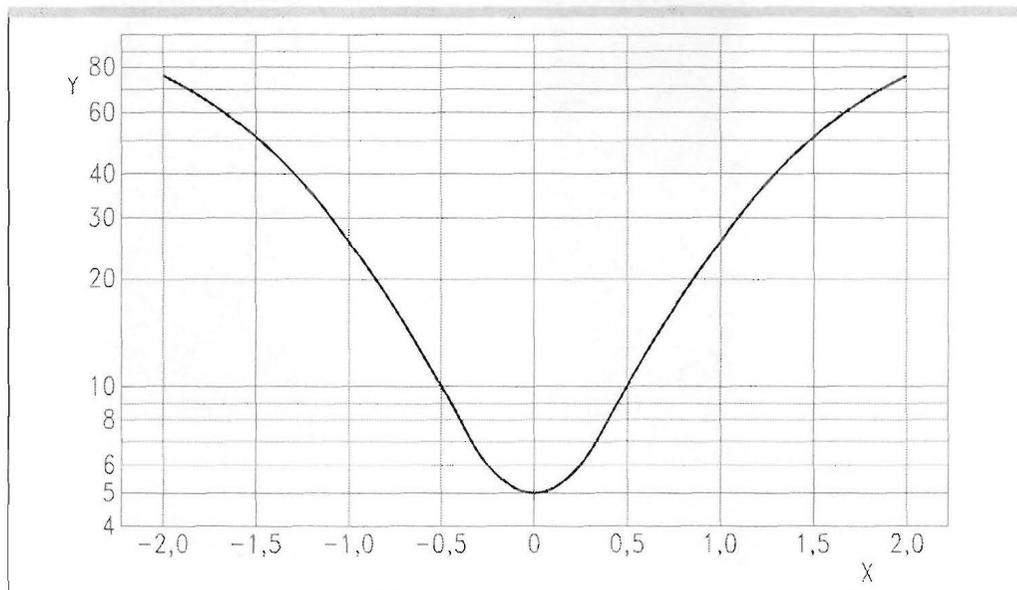
L'indice PPD fornisce una previsione quantitativa del numero di persone insoddisfatte dal punto di vista termico. Il PPD predice la percentuale di persone, in un gruppo numeroso, che troveranno l'ambiente troppo caldo o troppo freddo.

Noto il valore di PMV è possibile determinare il valore di PPD dalla relazione:

$$PPD = 100 - 95e^{-(0,03353PVM^4 + 0,2179PVM^2)}$$

Legenda

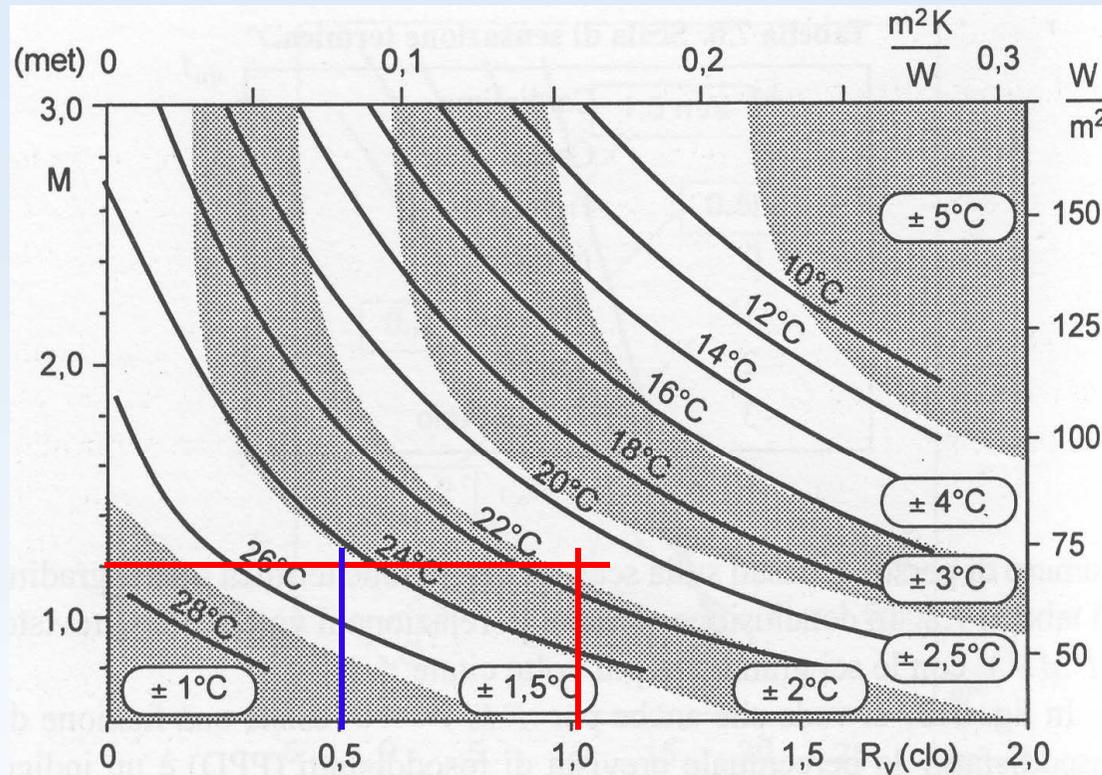
- X Voto medio previsto
- Y Percentuale prevista di insoddisfatti in %



**Per $-0,5 \leq PMV \leq 0,5$
la percentuale
di insoddisfatti sarà del 10%**

**Al punto 9.4.2 l'attuale UNI
10339 specifica che al di
fuori dalle condizioni di
progetto previste la
percentuale di insoddisfatti
non sia superiore al 10%**

DIAGRAMMA DEL BENESSERE PER PVM=0 e PPD=5%



Temperatura media ottimale (corrispondente a PMV=0) in funzione dell'attività metabolica e dell'abbigliamento.

Nel periodo invernale $clo=1$ e $met=1,2$ (ufficio) la temperatura media ottimale è circa $21,5^\circ C \pm 2,5^\circ C$ ($19 \leq T_m \leq 24$)

Nel periodo estivo $clo=0,5$ e $met=1$ (persona seduta) la temperatura media ottimale è circa $24,5^\circ C \pm 1,5^\circ C$ ($23 \leq T_m \leq 26$)

CONDIZIONI DI NON COMFORT (DISCOMFORT LOCALIZZATO)

Al prospetto D.1.1 la UNI EN ISO 7739 indica i limiti di alcuni parametri fondamentali per garantire le condizioni di comfort:

- a) Correnti d'aria : la velocità dell'aria deve essere, ovunque inferiore a 0,15 m/s in inverno e minore di 0,25 m/s d'estate
- b) Differenza verticale di temperatura : la variazione tra le quote 1,1 e 0,1 metri dal pavimento (differenza quota testa/caviglie di un soggetto seduto) deve essere inferiore a 3 °C
- c) Temperatura del pavimento : la temperatura del pavimento sia compresa tra 19 e 26 °C per condizioni invernali e attività leggera, per lo più sedentaria; la temperatura massima di progetto del pavimento consigliata nel caso di adozione di pannelli radianti (a pavimento) è pari a 29 °C
- d) L'umidità deve essere compresa tra il 30 ed il 70%

ESEMPIO DI DISCONFORT



Ufficio in edificio di civile abitazione



IL BACKGROUND DEL PROGETTISTA

in funzione della tipologia impiantistica da realizzare

- ✓ Disposizioni legislative e normative tecniche
- ✓ Metodologie calcolo fabbisogno energia
- ✓ Metodologia calcolo fabbisogni potenza
- ✓ Caratteristiche dell'aria umida
- ✓ Diagrammi psicometrici
- ✓ Dimensionamento sottosistemi di distribuzione aria/acqua
- ✓ Scelta e dimensionamento dei sottosistemi di generazione
- ✓ Scelta e dimensionamento dei sottosistemi di emissione
- ✓ Scelta e dimensionamento dei sottosistemi regolazione
- ✓ Metodologie di rappresentazione dei progetti e scelte sui principi logici di funzionamento
- ✓ Capacità di analisi delle anomalie funzionali e soluzione

Esempio – Progetto Impianto Aeraulico Open-Space



Open Space 90 postazioni di lavoro

3 uffici singoli

1 sala riunioni 10 persone max



Totale occupazione 103 persone

Desiderata del committente

- ✓ Deve costare poco (.... si vedrà nel seguito)
- ✓ Gli interventi e le spese di manutenzione ridotti al minimo
- ✓ Rumorosità ridottissima
- ✓ Non devo avere macchine che occupano il pavimento
- ✓ Massima flessibilità di modifiche nel tempo
- ✓ Climatizzazione estiva/invernale con ricambi d'aria
- ✓ Alta efficienza energetica
- ✓ Movimento dell'aria limitato al massimo
- ✓ Controllo della qualità dell'aria (T, UR%, CO₂)
- ✓ Gestione per zone dei parametri termoigrometrici
- ✓ Gestione tramite Building Automation
- ✓ Nessuna possibilità di modifica dei parametri localmente
- ✓ Non devo avere problemi di condense nel periodo estivo
- ✓ Disponibilità di controsoffitto ma solo tra le campate delle travature

VINCOLI DI PROGETTO - Normativi

UNI 10339 prospetto III

Categorie di edifici	Portata di aria esterna o di estrazione		Note
	Q_{op} (10^{-3} m ³ /s per persona)	Q_{os} (10^{-3} m ³ /s m ²)	
EDIFICI PER UFFICI E ASSIMILABILI			
• uffici singoli	11	-	-
• uffici open space	11	-	-
• locali riunione	10*	-	-
• centri elaborazione dati	7	-	-
• servizi		estrazioni	A

(segue prospetto)

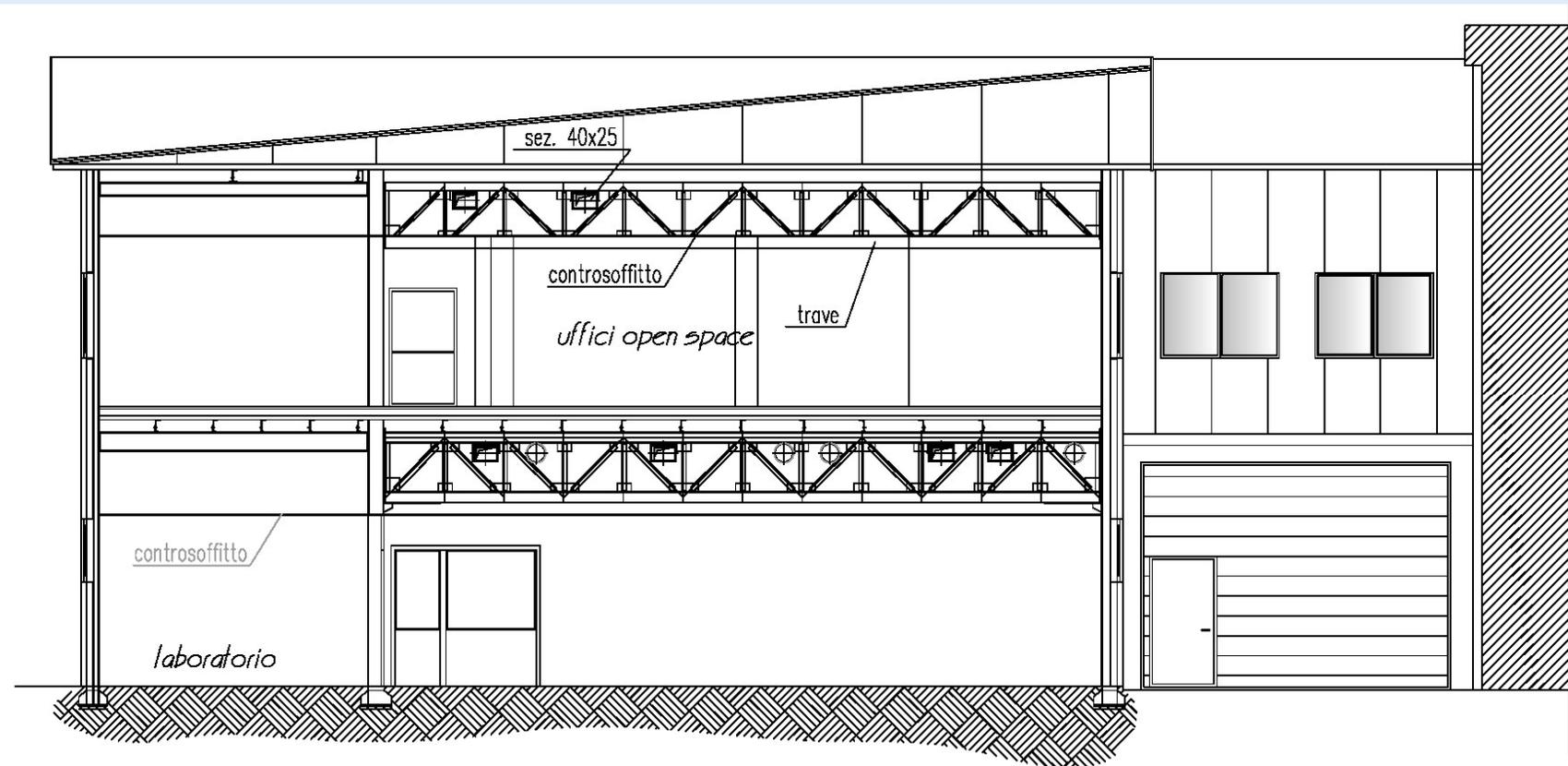
$11 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 39,6 \text{ m}^3/\text{h} \sim 40,0 \text{ m}^3/\text{h}$ a persona

$103 \text{ addetti} \times 40 \text{ m}^3/\text{h} = 4120 \text{ m}^3/\text{h}$



I° dato di base per il progetto

VINCOLI DI PROGETTO - architettonici



Canale per passaggio travi reticolari max 400x250

SCELTA DI IMPIANTO E DEI COMPONENTI

Tipologia : Impianto a travi fredde a tutt'aria esterna

Componenti Aeraulici : Travi fredde attive per controsoffitto modulare

Ricambi aria : Unità di trattamento aria con recuperatore ad alta efficienza

Fluidi caldi : Disponibili da esistente centrale termica

Fluidi freddi : Disponibili da nuovo chiller ubicato esternamente

Zone da controllare : 11

Tipologia di controllo : Temperatura, Umidità Relativa, CO₂ , controllo di condensazione

Protocolli di comunicazione : Konnex, BACnet

Potenza frigorifera estiva sensibile : 65 kW

Potenza termica invernale : 36 kW



**Lay-Out di impianto in sinergia
con corpi illuminanti**

TIPOLOGIA TRAVE	PORTATA aria (m ³ /h)	Q.TA'	PORTATA TOT	Watt Caldo tot	Watt Freddo tot
10 ranghi 2 tubi Lungh. 300	208	29	6032	2335	1833
10 ranghi 2 tubi Lungh. 240	135	6	810	2197	1625
10 ranghi 2 tubi Lungh. 180	110	2	220	1744	1247
10 ranghi 2 tubi Lungh. 120	90	4	360	1242	920
			7422	89353	69081



**UTA 7500 m³/h > 4120
(verificato)**

VINCOLI PER DIMENSIONAMENTO UTA

(sinergia con produttore componenti)

	Cooling	
Air		
Air flow	208.1	m3/h
Air flow (all units)	208.1	m3/h
Total air pressure drop	46	Pa
Water		
Inlet water temp	40.0	°C
Outlet water temp	35.0	°C
Other		
Ceiling temp	21.0	°C
Room temp	20.0	°C
Relative humidity	50	%
Air temp	25	°C

	Cooling	
Power	-2335	W
Mean water-room	16.5	°C
Coil power	-2057	W
Supply air power	-277	W
Power (all units)	-2335	W
Inductionfactor	4.51	
Sound Lp10A dBA	22	dB
Sound Lp10A dBA (all units)	22	dB
NC value	20	
NR value	25	
Outlet air temp	27	°C
Throw length L02	3.4	m
K-factor	8.84	#
Dew point	9.3	°C
Inlet water flow	0.098	l/s
Delta water temp	5.0	°C
Water pressure drop	5.34	kPa



PORTATA ACQUA CALDA TRAVE FREDDA



TEMPERATURA DI MANDATA UTA INVERNO

VINCOLI PER DIMENSIONAMENTO UTA

(sinergia con produttore componenti)

	Cooling	
Air		
Air flow	208.1	m3/h
Air flow (all units)	208.1	m3/h
Total air pressure drop	46	Pa
Water		
Inlet water temp	16.0	°C
Outlet water temp	19.0	°C
Other		
Ceiling temp	26.5	°C
Room temp	26.0	°C
Relative humidity	50	%
Air temp	16	°C

	Cooling	
Power	1833	W
Mean water-room	9.0	°C
Coil power	1105	W
Supply air power	728	W
Power (all units)	1833	W
Inductionfactor	4.51	
Sound Lp10A dBA	22	dB
Sound Lp10A dBA (all units)	22	dB
NC value	20	
NR value	25	
Outlet air temp	22	°C
Throw length L02	3.1	m
K-factor	8.84	#
Dew point	14.8	°C
Inlet water flow	0.088	l/s
Delta water temp	3.0	°C
Water pressure drop	4.38	kPa

PORTATA ACQUA FREDDA TRAVE FREDDA

**TEMPERATURA DI MANDATA UTA
ESTATE**

VINCOLI PER DIMENSIONAMENTO UTA

(sinergia con produttore componenti)

TIPOLOGIA TRAVE	PORTATA aria (m ³ /h)	Q.TA'	PORTATA TOT	Watt Caldo tot	Watt Freddo tot
10 ranghi 2 tubi Lungh. 300	208	29	6032	2335	1833
10 ranghi 2 tubi Lungh. 240	135	6	810	2197	1625
10 ranghi 2 tubi Lungh. 180	110	2	220	1744	1247
10 ranghi 2 tubi Lungh. 120	90	4	360	1242	920
			7422	89353	69081

TIPOLOGIA TRAVE	Watt Freddo Trave	Watt Freddo Open Space	Watt Caldo Open Space	Portata Open Space
10 ranghi 2 tubi Lungh. 300	1108	53157	67715	6032
10 ranghi 2 tubi Lungh. 240	1066	3250	4394	270
10 ranghi 2 tubi Lungh. 180	862	2494	3488	220
10 ranghi 2 tubi Lungh. 120	605	58901	75597	6522
	42672			

TIPOLOGIA TRAVE	Portata Acqua Freddo	DP (kPa)	Portata Acqua Caldo	DP (kPa)
10 ranghi 2 tubi Lungh. 300	317	4,38	353	5,34
10 ranghi 2 tubi Lungh. 240	306	3,43	342	4,13
10 ranghi 2 tubi Lungh. 180	248	8,18	274	9,68
10 ranghi 2 tubi Lungh. 120	173	3,53	195	4,18
	12,217		13,617	

DIMENSIONAMENTO CANALIZZAZIONI

MOTO DEI FLUIDI NEI CONDOTTI CALCOLO DELLE PERDITE DI CARICO

ARIA a 20°C

Massa Volumica 1,225 kg/m³
Viscosità dinamica 1,81x10⁻⁵ Kg/ms ; (Pa*s)

$$Re = \frac{\rho D_e v}{\mu}$$

Numero di Reynold

Per R<2000 regime laminare
Per 2000<Re<4000 Regime di transizione
Per R>4000 regime turbolento

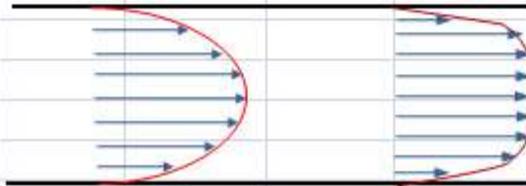
Esempio:

Canale circolare Ø=500 mm e v=5 m/s Re~170000

Canale circolare Ø=80 mm e v=1,5 m/s Re~8100

Canale circolare Ø=60 mm e v=1,0 m/s Re~4000

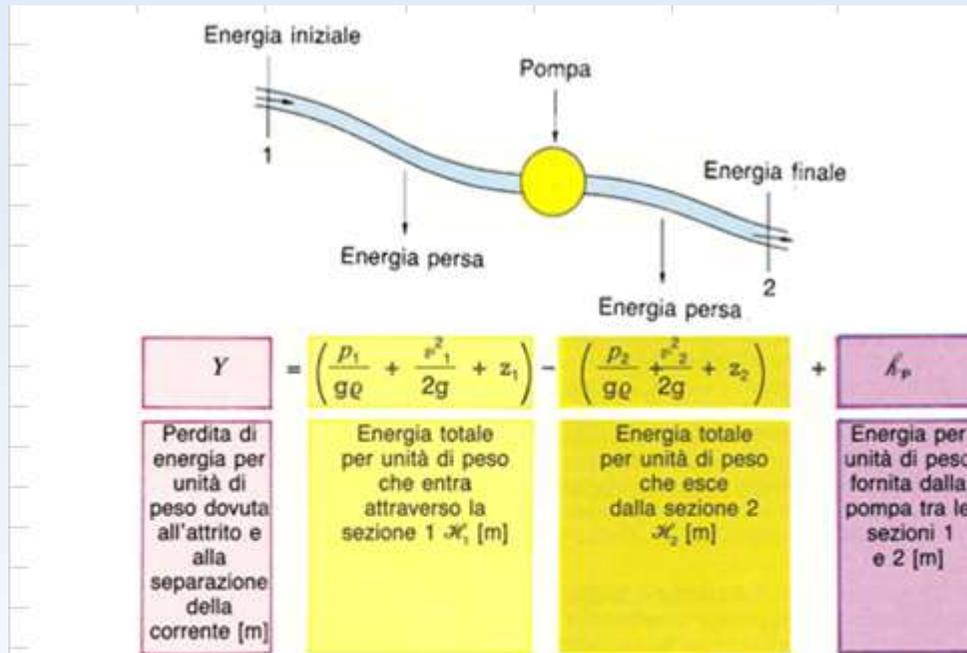
**PER GLI IMPIANTI AERAILICI NEL
CAMPO DI APPLICAZIONE ORDINARIO,
IL REGIME DEL MOTO E' SEMPRE DA
CONSIDERARSI TURBOLENTO**



REGIME LAMINARE

REGIME TURBOLENTO

DIMENSIONAMENTO CANALIZZAZIONI



$$y_c = \lambda \frac{l}{D} \frac{v^2}{2g}$$

Equazione di Darcy-Weisbach
 y_c = perdita di carico continua per dissipazione di energia per unità di peso tra due sezioni di ingresso e uscita
 λ = fattore di attrito

PERDITE CONTINUE IN UN CONDOTTO

$$\Delta P_c = \rho g y_c = \rho g \left(\lambda \frac{l}{D} \frac{v^2}{2g} \right)$$

In regime turbolento il fattore di attrito è correlato al numero di Reynold e alle caratteristiche di rugosità e dimensione del condotto tramite l'equazione di Colebrook

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} \right)$$

DIMENSIONAMENTO CANALIZZAZIONI

Per canali in acciaio zincato particolarmente lisci il termine ϵ/D può essere trascurato e l'equazione di Colebrook assume la forma:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} \right)$$

O la forma semplificata

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$$

Per Re compreso tra $2 \cdot 10^4$ e $1,5 \cdot 10^6$ il fattore di attrito è compreso tra 0,027 e 0,011

Sostituendo al posto della velocità la portata d'aria
 $Q = v \cdot A = v \cdot \pi D^2 / 4$ e parametrizzando le perdite di carico per metro

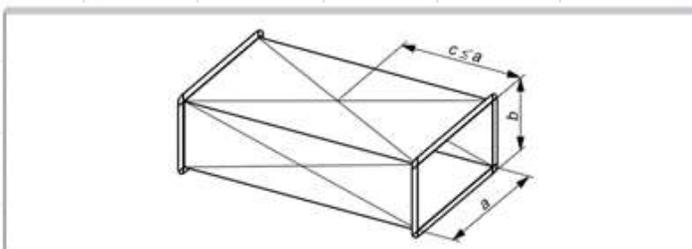
$$\frac{\Delta P_c}{l} = \lambda \frac{8 \rho Q^2}{\pi^2 D_e^5}$$

ATTENZIONE

DIMENSIONAMENTO CANALIZZAZIONI

	Diametro (mm)	Velocità m/s	Portata (m ³ /h)	Reynold	Fattore di attrito	$\Delta P_c/l$ (Pa/m)	Diametro (mm)	Velocità m/s	Portata (m ³ /h)	Reynold	Fattore di attrito	$\Delta P_c/l$ (Pa)
	112	1,4	50	10612	0,0304	0,33						
	125	1,8	80	15228	0,0277	0,45						
	150	1,8	115	18273	0,0264	0,36	900	7,8	17864	475110	0,01328	0,56
	200	2,4	271	32486	0,023	0,42	1000	8,5	24033	575276	0,0129	0,58
	250	2,8	495	47376	0,0212	0,42	1100	9	30791	670028	0,01249	0,58
	315	3,4	954	72485	0,02115	0,49	1200	9,7	39494	787790	0,01218	0,60
	350	3,7	1282	87645	0,01849	0,45	1300	10,5	50173	923826	0,0118	0,63
	400	4,2	1900	113702	0,01752	0,48						
	450	4,4	2519	134006	0,01694	0,46						
	500	4,8	3393	162431	0,0163	0,47						
	550	5,1	4362	189841	0,0159	0,47						
	600	5,3	5395	215221	0,0154	0,45						
	650	5,8	6929	255152	0,0149	0,48						
	700	6,3	8728	298467	0,0145	0,52						
	750	6,7	10656	340090	0,0141	0,53						
	800	7	12667	379006	0,01384	0,53						
Re	134006	λ	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}}$	$-2 \log\left(\frac{2,41}{Re \sqrt{\lambda}}\right)$	DELTA							
		0,01694	7,68322	7,6838145	0,000593953							
		0,0219	6,757374	7,7953452	1,037971376							
		0,0192	7,216878	7,7382023	0,521323909							
		0,0191	7,235746	7,7359344	0,500188359							
		0,019	7,254763	7,7336546	0,478892145							
		0,0189	7,27393	7,7313628	0,457433175							
		0,0188	7,29325	7,7290589	0,435809319							

DIMENSIONAMENTO CANALIZZAZIONI



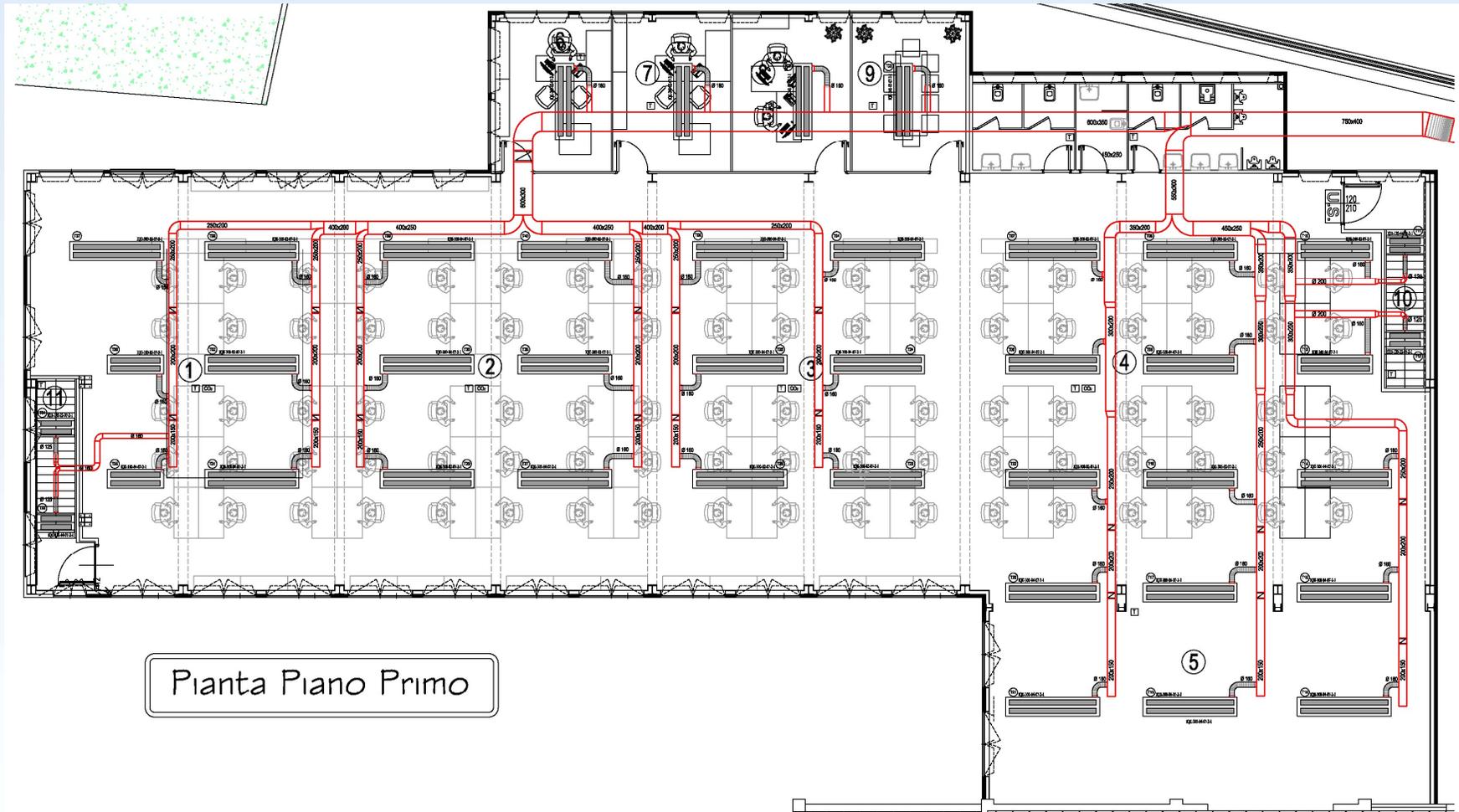
Per le canalizzazioni rettangolari viene definito dalla UNI 10381-1 il diametro equivalente ovvero quel diametro di una condotta circolare che causerebbe la stessa perdita di pressione della geometria reale con la stessa portata d'aria e uguale fattore di attrito. Per condotte con rapporto di forma < 4 viene definito (è consigliato mantenere un rapporto di forma ≤ 2):

$$d_e = 1,3 \frac{(a \times b)^{0,625}}{(a + b)^{0,25}}$$

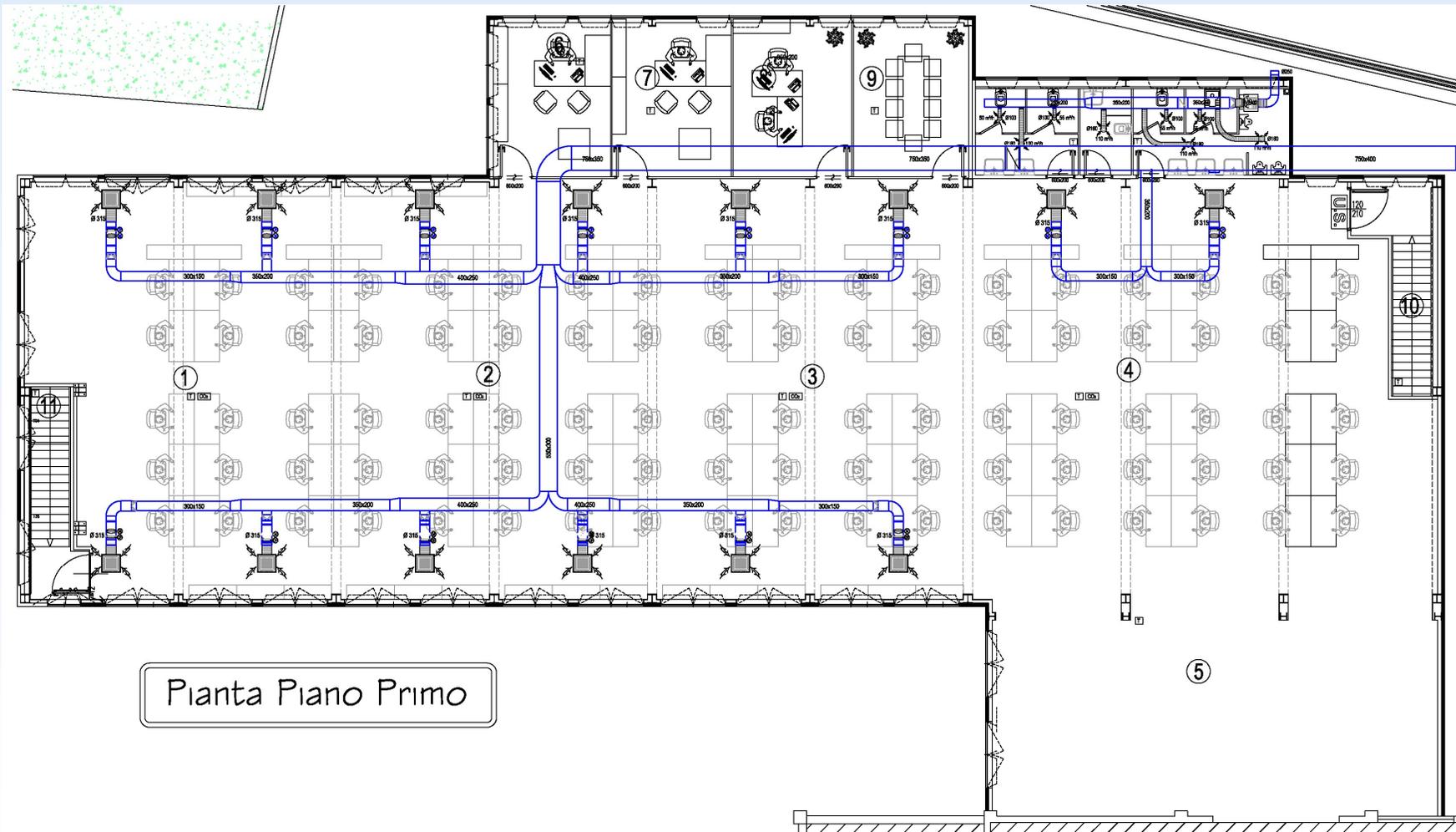
		Base "a"										
		150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
ALTEZZA "b"	150	164	189	210	229	245	260	274	287	299	310	321
	200	189	219	244	266	286	305	321	337	352	365	378
	250	210	244	273	299	322	343	363	381	398	414	429
	300	229	266	299	328	354	378	400	420	439	457	474
	350	245	286	322	354	383	409	433	455	477	496	515
	400	260	305	343	378	409	437	464	488	511	533	553
	450	274	321	363	400	433	464	492	518	543	567	589
	500	287	337	381	420	455	488	518	547	573	598	622
	550	299	352	398	439	477	511	543	573	601	628	653
	600	310	365	414	457	496	533	567	598	628	656	683
650	321	378	429	474	515	553	589	622	653	683	711	

Elevati fattori di forma portano a maggiori costi di realizzazione e maggiore costo energetico se mal utilizzati		Ø 315	300x250	400x200	500x150
	Area laterale/m	0,989602	1,1	1,2	1,3
	Perdita di carico	0,44	0,47	0,46	0,49
	Area frontale	0,078	0,075	0,08	0,075

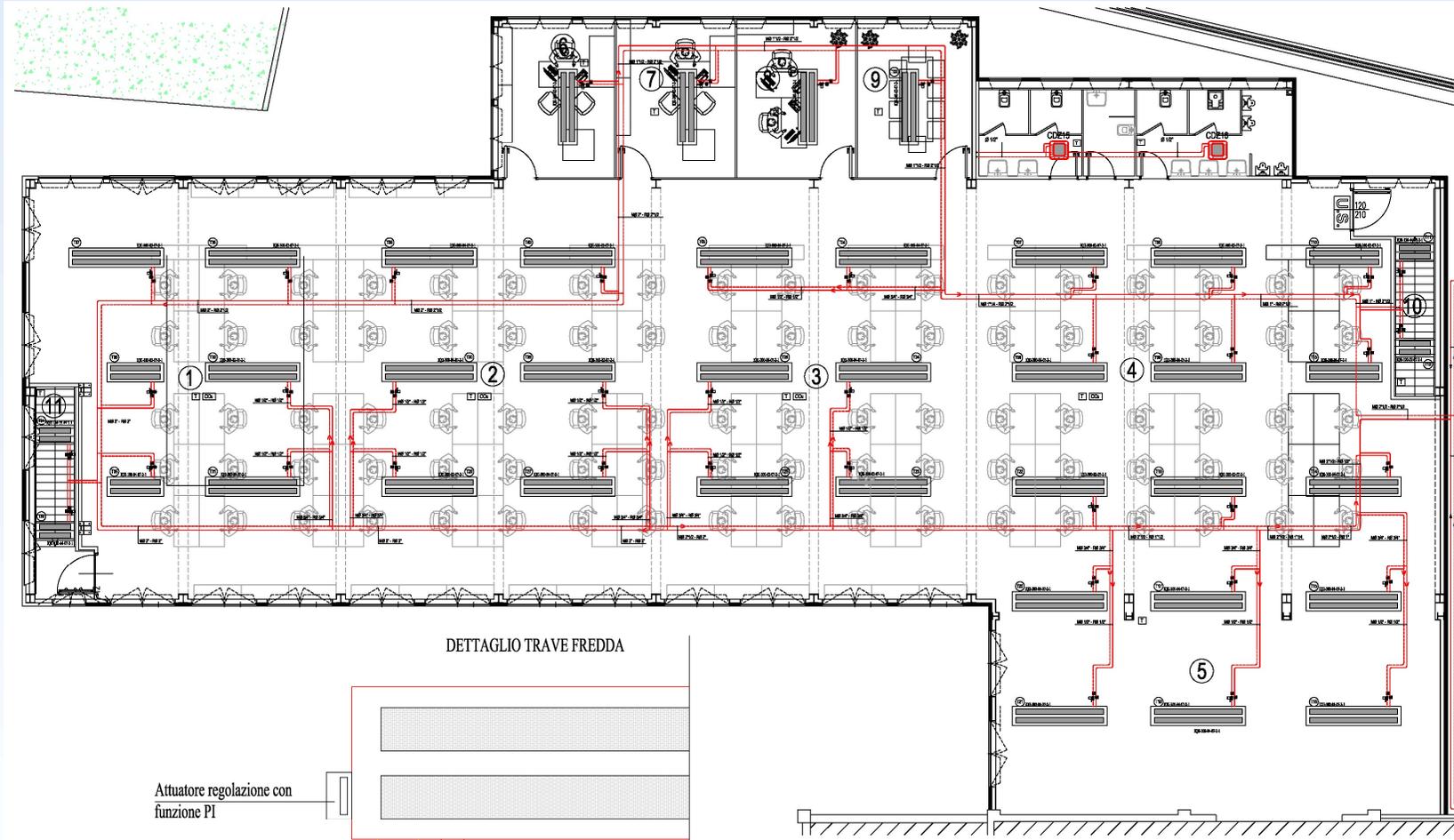
DISTRIBUZIONE CANALIZZAZIONI MANDATA



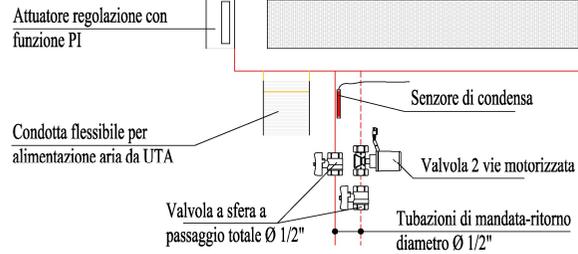
DISTRIBUZIONE CANALIZZAZIONI RIPRESA



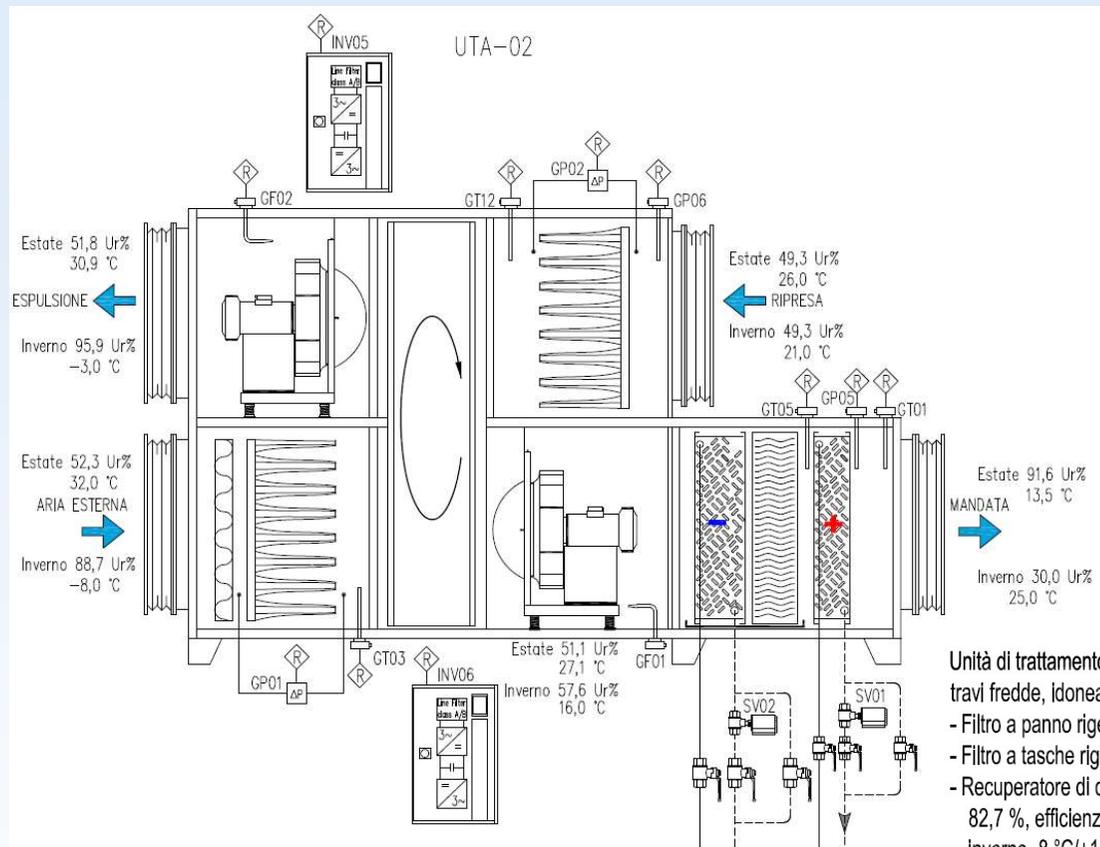
DISTRIBUZIONE RETI ACQUA CALDA/REFRIGERATA



DETTAGLIO TRAVE FREDDA



DIMENSIONAMENTO UTA



- Unità di trattamento aria 7500 m³/h a servizio dell'impianto aerulico del piano primo uffici asservita alle travi fredde, idonea per installazione all'esterno composta da:
- Filtro a panno rigenerabile classe di filtrazione G4
 - Filtro a tasche rigide classe di filtrazione F7
 - Recuperatore di calore rotativo entalpico (temperatura+umidità). Efficienza invernale con Test. 0°C 82,7 %, efficienza in temperatura 81,4%, efficienza per umidità 81,0% . Aria Out inverno 21 °C, aria In inverno -8 °C/+16 °C 57,6% Ur, Aria Out estate 26 °C, aria In estate +32 °C/+27,1 °C 51,1% Ur.
 - Unità di ventilazione di mandata, tipo plug-fan con motore idoneo per regolazione della portata da 0 a 100 %. Pressione statica utile 350 Pa
 - Batteria di raffreddamento/riscaldamento. Estate 47,7 kW aria In 27,1 °C 51,1% Ur, Out 13,5 °C 91,6% Ur, acqua 7-12 °C. Inverno 18,4 kW aria In 16,0 °C 57,6% Ur, Out 25,0 °C 33% Ur, acqua 60-50 °C
 - Separatore di gocce
 - Batteria di riscaldamento 21,4 kW aria in 13,5 °C 91,6% Ur, out 24 °C 47,5% Ur, acqua 45-40 °C
 - Filtro di estrazione aria a tasche rigide classe di filtrazione F7
 - Unità di ventilazione di estrazione, tipo plug-fan con motore idoneo per regolazione della portata da 0 a 100%. Pressione statica utile 250 Pa

Potenza Frigorifera Chiller

Potenza Frigorifera Travi Fredda 42,7 kW

Potenza Frigorifera Estiva UTA 47,7 kW

Chiller Potenza Frigorifera > 90,4 kW



13/01/2023

IMPIANTI PER AMBIENTI A CONTAMINAZIONE CONTROLLATA

13/01/2023

ISO 5 una nuova sfida per la riduzione delle infezioni in sala operatoria



CERTIFICAZIONE DI QUALITA' DELLE SALE OPERATORIE UNI EN ISO 14644 – ISO 5

La carica batterica presente in sala operatoria (dalla periferia, passando dal tavolo degli, fino al cuore del campo operatorio – la ferita chirurgica -) è direttamente correlata al rischio per il paziente di sviluppare un'infezione nell'immediato post operatorio. Il 98% dei batteri derivino dall'aria e, di questi, il 30% sono depositati direttamente dall'aria mentre il restante 70% raggiunge la ferita tramite gli strumenti chirurgici. Il personale di sala operatoria è certamente la principale fonte di contaminazione. Ogni soggetto, soprattutto in fase di attività, distribuisce nell'ambiente germi (fino a 1 milione per ora) da tutto il mantello cutaneo e dall'apparato pilifero, anche attraverso gli indumenti. Sulla cute umana sono presenti due tipi di popolazioni microbiche:

la popolazione residente che rappresenta il 10-20% della popolazione microbica totale e che non comprende specie patogene;

la popolazione transitoria, costituita da microbi presenti sugli strati più superficiali della cute (tra le squame dello strato corneo e sotto la pellicola idrolipidica). **Detti microrganismi transitori costituiscono l'80-90% della flora microbica cutanea e sono responsabili della maggior parte delle infezioni.**

L'aria nella sala operatoria, con l'inizio della attività, viene contaminata in misura crescente, e trasporta i germi provenienti dalle persone sulla ferita operatoria, e su tutti gli oggetti sterili collegati al lettino operatorio e destinati a venire in contatto con i tessuti del malato.

LINEE GUIDA SUGLI STANDARD DI SICUREZZA NEL REPARTO OPERATORIO



ISTITUTO SUPERIORE PER LA PREVENZIONE
E LA SICUREZZA DEL LAVORO

Dipartimento Igiene del Lavoro

Rif. UNI EN ISO 14644-1	Punto di prelievo
Sale operatorie servite da impianto a flusso unidirezionale misto (sale operatorie con esigenza di sterilità relativa molto elevata es. trapianti, cardiocirurgia, ortopedia, neurochirurgia)	Sotto il flusso unidirezionale: \leq ISO 5
Sale operatorie servite da impianto a flusso turbolento	\leq ISO 7

Nella Tabella 2 si riportano i limiti di concentrazione massima (particelle/m³ d'aria) indicati dalla Norma UNI EN ISO 14644-1 [127].

Tabella 2.

Numero (N) di classificazione ISO	Limiti di concentrazione massima (particelle/m ³ d'aria) per particelle di dimensioni maggiori o uguali alle dimensioni considerate indicate qui di seguito					
	0,1 μ m	0,2 μ m	0,3 μ m	0,5 μ m	1 μ m	5 μ m
Classe ISO 1	10	2				
Classe ISO 2	100	24	10	4		
Classe ISO 3	1 000	237	102	35	8	
Classe ISO 4	10 000	2370	1 020	352	83	
Classe ISO 5	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29
Classe ISO 6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
Classe ISO 7				352 000	83 200	2 930
Classe ISO 8				3 520 000	832 000	29 300
Classe ISO 9				35 200 000	8 320 000	293 000

Il flusso laminare (ISO 5) è necessario per le sale operatorie di **chirurgia protesica** (per esempio cardiocirurgia, trapianti, ortopedia, neurochirurgia e chirurgia vascolare). La carica batterica deve necessariamente essere bassa per ridurre il rischio infettivo post-operatorio. **Il flusso unidirezionale deve coprire il campo operatorio e il tavolo servitore.**

CONFRONTO CON LE CLASSI DI CONCENTRAZIONE PARTICELLA DELL'ARIA

ISO 14644-1

Classe	numero massimo di particelle/m ³						FED STD 209E corrispondente
	≥0.1 μm	≥0.2 μm	≥0.3 μm	≥0.5 μm	≥1 μm	≥5 μm	
ISO 1	10	2					
ISO 2	100	24	10	4			
ISO 3	1,000	237	102	35	8		Classe 1
ISO 4	10,000	2,370	1,020	352	83		Classe 10
ISO 5	100,000	23,700	10,200	3,520	832	29	Classe 100
ISO 6	1,000,000	237,000	102,000	35,200	8,320	293	Classe 1000
ISO 7				352,000	83,200	2,930	Classe 10,000
ISO 8				3,520,000	832,000	29,300	Classe 100,000
ISO 9				35,200,000	8,320,000	293,000	Aria nella stanza

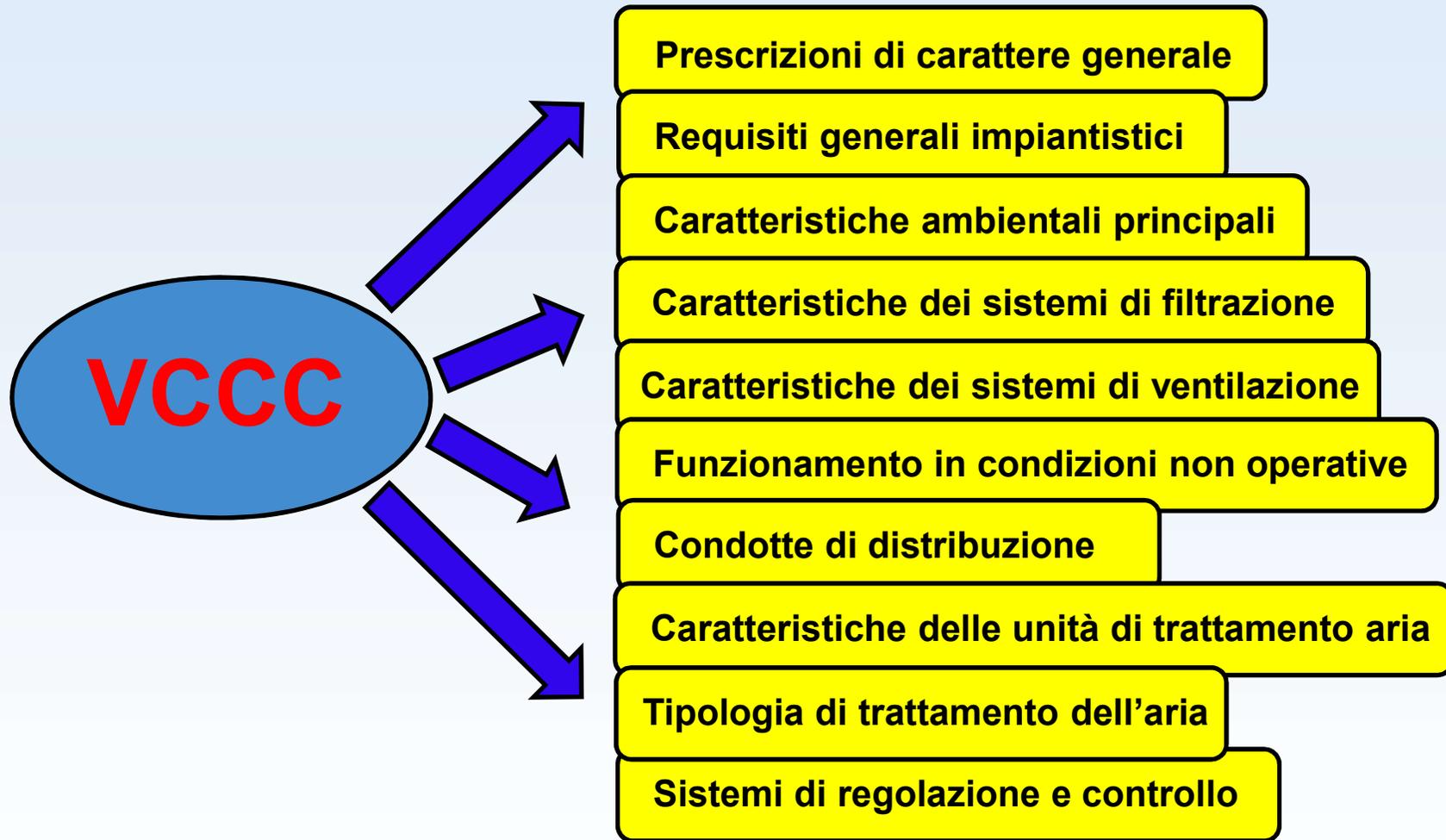
13/01/2023

ISO 5: Il tavolo operatorio e tutti gli strumenti devono essere sotto il flusso laminare



LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO

- Decreto del Presidente della Repubblica 14/01/1997
“Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento alle regioni e alle province autonome di Trento e di Bolzano, in materia di requisiti strutturali, tecnologici ed organizzativi minimi per l'esercizio delle attività sanitarie da parte delle strutture pubbliche e private”
- Norma tecnica UNI 11425:2011
“Impianto di ventilazione e condizionamento a contaminazione controllata (VCCC) per il blocco operatorio. Progettazione, installazione, messa in marcia, qualifica, gestione e manutenzione”
- Linee Guida I.S.P.E.S.L. “Dipartimento Igiene sul Lavoro”
“Linea guida sugli standard di sicurezza e di igiene sul lavoro nel reparto operatorio”



Prescrizioni di carattere generale

- a. mantenere **condizioni termoigrometriche** idonee allo svolgimento delle attività previste, conciliando le esigenze di **benessere del personale con quelle primarie dell'utente**;
- b. fornire una aerazione agli ambienti idonea a mantenere le concentrazioni ambientali di agenti anestetici, e/o di altri inquinanti gassosi, al di sotto dei limiti prefissati; la presenza di un impianto VCCC non elimina, in ogni caso, la necessità di un sistema di evacuazione degli agenti anestetici e il corretto uso e manutenzione del sistema di anestesia;
- c. **contenere la concentrazione del particolato e della carica microbica aero-portata**, in modo tale da non recare danno alla salute dei soggetti presenti nell'ambiente della sala operatoria;
- d. **mantenere determinati gradienti** di pressione tra i vari ambienti costituenti il Reparto Operatorio.

Requisiti generali impiantistici

- Tutti i componenti dell'impianto (compresa l'Unità di Trattamento Aria) **devono essere progettati ed installati in modo da facilitare la pulizia**, la gestione, il controllo e la manutenzione, inclusa la sostituzione degli elementi filtranti.
- **La filtrazione assoluta dovrà essere assicurata a livello terminale rispetto al canale aeraulico**, cioè con installazione dei filtri assoluti direttamente nei soffitti o controsoffitti degli stessi locali ventilati, subito prima delle griglie di immissione.
- L'installazione **deve essere dotata di sistemi di misura dei parametri indicativi del suo corretto funzionamento** al fine di rivelare precocemente andamenti predisponenti a condizioni di rischio. **E' auspicabile l'installazione di dispositivi di visualizzazione dei parametri di temperatura, umidità, portata d'aria e pressioni relative**, in grado di evidenziare il superamento dei limiti, anche se gli stessi siano immediatamente percepiti dagli operatori.
- L'impianto VCCC **deve essere sottoposto ad alimentazione di sicurezza** in grado di garantire almeno l'unità di ventilazione ed il sistema di controllo della temperatura anche in caso di interruzione della fornitura elettrica.

Requisiti generali impiantistici

- Attenzione particolare va posta sul posizionamento delle prese di aria esterna di rinnovo. La presa d'aria **deve essere posizionata lontano da qualsiasi sorgente inquinante**, distante da bocchette di estrazione dell'aria esausta, e comunque orientata in posizione tale da non generare "cortocircuiti" con la fuoriuscita di fumi, gas ed altri contaminanti provenienti da altre emissioni.
- Le canalizzazioni **devono essere realizzate con materiali resistenti alla corrosione**, coibentate esternamente e con **perdite d'aria inferiori al 5% della portata nominale**, quando **provate a 1,5 volte la pressione nominale di esercizio**.
- Le bocchette e le griglie di immissione e ripresa dell'aria **devono essere di tipo smontabile e lavabile**.
- Se il controsoffitto non è a tenuta, si considera misura efficace a prevenire l'immissione accidentale di aria non trattata attraverso questo, la messa in depressione del volume tra controsoffitto e soffitto mediante una presa ausiliaria di estrazione. La depressione, nei confronti del locale sottostante, deve essere stabile e misurabile.

Caratteristiche ambientali principali

- La temperatura e l'umidità relativa media negli ambienti **devono essere mantenute alle condizioni di benessere** per il personale facendo eccezione per le condizioni termoigrometriche necessarie per alcune attività chirurgiche (ipotermia, ipertermia).
- Il livello di rumore trasmesso dall'impianto di ventilazione ai locali serviti, in condizioni di portata nominale, **dovrà essere tale da non creare disagio agli operatori.**
- Gli ambienti del Reparto Operatorio **devono essere tenuti a pressione relativa positiva rispetto ai reparti confinanti.** All'interno del reparto le pressioni relative varieranno da locale a locale in funzione del grado di pulizia del locale stesso. **L'intento è quello di impedire, a porte chiuse, il passaggio di aria da un locale più sporco ad uno più pulito.**

Caratteristiche dei sistemi di filtrazione

Normalmente si hanno tre stadi di filtrazione:

- filtrazione primaria con efficienza EU3/EU4 (G3/G4 secondo EN 779) interessante l'aria esterna;
- filtrazione secondaria EU8/EU9 (F8/F9 secondo EN 779) interessante tutta l'aria in circolo;
- filtrazione finale H13/H14 (EN 1822) interessante tutta l'aria in circolo.

Filtri EU3/EU4: Perdita di carico iniziale 60 Pa
 Perdita di carico finale 120 Pa
 Tempo di intasamento teorico 20÷50 giorni

Filtri EU8/EU9: Perdita di carico iniziale 120÷150 Pa
 Perdita di carico finale 250÷300 Pa
 Tempo di intasamento teorico 6÷10 mesi

Filtri H13: Perdita di carico iniziale 250÷280 Pa
 Perdita di carico finale 350÷500 Pa
 Tempo di intasamento teorico 1÷2 anni

Filtri H14: Perdita di carico iniziale 120÷130 Pa
 Perdita di carico finale 350÷500 Pa
 Tempo di intasamento teorico 3÷4 anni

Caratteristiche dei sistemi di filtrazione

FILTRI GROSSOLANI	EN 779	EFFICIENZA	TEST GRAVIMETRICO CON POLVERE SINTETICA
	G1	$Am < 65$	
	G2	$65 \leq Am < 80$	
	G3	$80 < Am < 90$	
	G4	$90 \leq Am$	

FILTRI FINI	F5	$40 \leq Em < 60$	TEST OPACIMETRICO CON POLVERE NATURALE
	F6	$60 \leq Em < 80$	
	F7	$80 < Em < 90$	
	F8	$90 \leq Em < 95$	
	F9	$95 \leq Em$	

Eurovent 4/5	Din 24183	Din 24185 Din 24184
Eu1	Eu1	Eu1
Eu2	Eu2	Eu2
Eu3	Eu3	Eu3
Eu4	Eu4	Eu4

Eu5	Eu5	Eu5
Eu6	Eu6	Eu6
Eu7	Eu7	Eu7
Eu8	Eu8	Eu8
Eu9	Eu9	Eu9

Am%: Arrestanza media ponderale /Gravimetrica

Em%: Efficienza media Colorimetrica/Opacimetrica

Caratteristiche dei sistemi di filtrazione

FILTRI ASSOLUTI HEPA	EN 1822		E 0,3µm Dop monodisperso	Eurovent 4/4 NaCl	Din 24183 MPPS	Din 24185 Din 24184 Olio di paraffina	
		Efficienza globale MPPS					Efficienza puntuale MPPS
H10	≥ 85		≥ 95	Eu9	Eu10	Q	
H11	≥ 95		≥ 98	Eu10	Eu11	R	
H12	≥ 99,5	≥97,5	≥ 99,99	Eu11	Eu12		
H13	≥ 99,95	≥99,75	≥ 99,997	Eu 12	Eu13	S	
H14	≥ 99,995	≥99,975	≥ 99,999	Eu 13	Eu14	T	
FILTRI ASS. ULPA			E 0,12µm				
	U15	≥ 99,9995	≥ 99,9975	≥ 99,9995	Eu14	Eu15	T
	U16	≥ 99,99995	≥ 99,99975	≥ 99,99995		Eu16	U
U17	≥ 99,999995	≥ 99,999975	≥99,999995	Eu17		U	

HEPA: Filtri assoluti grado "H"

ULPA: Filtro assoluto per particelle ultra fini, grado "U"

MPPS: Massima penetrazione particellare
Most Penetrating Particle Size

Caratteristiche dei sistemi di filtrazione

- L'efficienza del terzo stadio filtrante **deve essere in ogni caso $\geq 99,97\%$ quando misurata in accordo alla norma UNI EN 1822:2002.**
- I filtri del terzo stadio devono essere l'ultimo elemento della distribuzione dell'aria; **devono essere allocati all'interno dei locali, o del reparto, ventilati subito prima delle griglie di immissione.**
- **Manometri differenziali devono essere installati ai capi degli stadi filtranti per monitorarne l'intasamento.**
- La durata di esercizio dei filtri del terzo stadio dovrà essere la seguente:
 - sostituzione del filtro al raggiungimento delle perdite di carico limite indicate dalla scheda tecnica;
 - sostituzione del filtro alla scadenza indicata dal fabbricante** nella scheda tecnica anche in condizioni di perdite di carico nei limiti (ad esempio la Norma DIN 1946-4 richiede la sostituzione del filtro almeno dopo sette anni dalla sua installazione, anche in condizioni di perdite di carico nei limiti).

Caratteristiche dei sistemi di ventilazione

La quantità oraria **W** di aria totale immessa in un ambiente può essere espressa in **metri cubi orari (m³/h)**, oppure in **volumi dell'ambiente orari (V/h)** o **ricambi orari, N**, ricavabili con la formula **$N = W/V$** , essendo **V** il volume dell'ambiente. **L'aria di ricambio può essere costituita sia da aria nuova presa dall'esterno che da aria già utilizzata, ripresa dagli stessi locali trattati.**

Il flusso di aria nuova è descritto dai **rinnovi orari N_n** ; mentre quello di aria già utilizzata è descritto dai ricircoli orari **N_r** . In generale il numero totale dei ricambi orari è pari alla somma dei rinnovi e dei ricircoli orari. Si ha **$N = N_n + N_r$**

Il D.P.R. 14/1/1997 prescrive **per la sala operatoria un numero di rinnovi orari $N_n \geq 15$** (solo aria esterna). Questo flusso svolge la funzione essenziale di contenere la concentrazione di agenti anestetici e di altri contaminanti ambientali. **Un numero maggiore di ricambi d'aria, rispetto al valore sopra indicato, si può ottenere aggiungendo adeguate quantità di aria anche ricircolata.**

Caratteristiche dei sistemi di ventilazione

La quantità oraria **W** di aria totale immessa in un ambiente può essere espressa in **metri cubi orari (m³/h)**, oppure in **volumi dell'ambiente orari (V/h)** o **ricambi orari, N**, ricavabili con la formula **$N = W/V$** , essendo **V** il volume dell'ambiente. **L'aria di ricambio può essere costituita sia da aria nuova presa dall'esterno che da aria già utilizzata, ripresa dagli stessi locali trattati.**

Il flusso di aria nuova è descritto dai **rinnovi orari N_n** ; mentre quello di aria già utilizzata è descritto dai ricircoli orari **N_r** . In generale il numero totale dei ricambi orari è pari alla somma dei rinnovi e dei ricircoli orari. Si ha **$N = N_n + N_r$**

Il D.P.R. 14/1/1997 prescrive **per la sala operatoria un numero di rinnovi orari $N_n \geq 15$** (solo aria esterna). Questo flusso svolge la funzione essenziale di contenere la concentrazione di agenti anestetici e di altri contaminanti ambientali. **Un numero maggiore di ricambi d'aria, rispetto al valore sopra indicato, si può ottenere aggiungendo adeguate quantità di aria anche ricircolata.**

Caratteristiche dei sistemi di ventilazione

In altri locali del Reparto Operatorio:

Pre-post intervento, lavaggio/preparazione chirurgi (Circ. Min. 13011/74)

N° ricambi con aria esterna: $N > 6/h$

Lavaggio strumentario chirurgico, substerilizzazione, deposito materiale sterile

N° ricambi con aria esterna: $N > 15/h$

Servizi igienico-sanitari e spogliatoi (Circ. Min. 13011/74)

N° ricambi con aria esterna: $N > 10/h$

Nei rimanenti locali (Circ. Min. 13011/74)

N° ricambi con aria esterna: $N > 2/h$

Caratteristiche dei sistemi di ventilazione

Prospetto B.2 norma tecnica UNI 11425:2011

prospetto B.2 Parametri ambientali nei blocchi operatori										
Ambienti	Temperatura [°C]		Umidità relativa [%]		Sovrapressione rispetto all'esterno [Pa]	Aria esterna [vol/h]	Aria di ricircolo [-]	Classi di pulizia secondo UNI EN ISO 14644-1	Livello di filtrazione finale	Livello di pressione sonora [dBA]
	Inverno	Estate	Inverno	Estate						
Sale operatorie a elevatissima qualità dell'aria	≥ 20	≤ 24	≥ 40	≤ 60	15 ¹⁾	15	SI ²⁾	ISO 5	H 14	45 ³⁾
Sale operatorie a elevata qualità dell'aria					15 ¹⁾	15	SI ²⁾	ISO 7	H 14	45 ³⁾
Sale operatorie a qualità dell'aria standard					15 ¹⁾	15	- ⁴⁾	ISO 8	H 14	45 ³⁾
Depositi sterili	≥ 22	≤ 26	≥ 40	≤ 60	15	≥ 2 ⁵⁾	- ⁴⁾	-	H 14	45
Preparazione operandi					10	≥ 2 ⁵⁾	- ⁴⁾	-	≥ H12	-
Preparazione personale					10	≥ 2 ⁵⁾	- ⁴⁾	-	≥ H12	-
Risveglio operati					10	≥ 2 ⁵⁾	- ⁴⁾	-	≥ H12	-
Corridoio pulito/sterile					10	≥ 2 ⁵⁾	- ⁴⁾	-	≥ H12	-
Spazi filtro operandi					5	≥ 2 ⁵⁾	- ⁴⁾	-	≥ F9	-

Caratteristiche dei sistemi di ventilazione

Ambienti	Temperatura [°C]		Umidità relativa [%]		Sovrapressione rispetto all'esterno [Pa]	Aria esterna [vol/h]	Aria di ricircolo [-]	Classi di pulizia secondo UNI EN ISO 14644-1	Livello di filtrazione finale	Livello di pressione sonora [dBA]
	Inverno	Estate	Inverno	Estate						
Corridoio pulito/sterile	≥ 22	≤ 26	≥ 40	≤ 60	10	≥ 2 ⁵⁾	- 4)	-	≥ H12	-
Spazi filtro operandi					5	≥ 2 ⁵⁾	- 4)	-	≥ F9	-
Spazi filtro personale					5	≥ 2 ⁵⁾	- 4)	-	≥ F9	-
Substerilizzazione					10	≥ 2 ⁵⁾	- 4)	-	≥ H12	-
Depositi pulito					10	≥ 2 ⁵⁾	- 4)	-	≥ H12	-
Depositi sporchi	≥ 18	≤ 26	≥ 40	≤ 60	5	≥ 2 ⁵⁾	NO	-	≥ F9	-

Note:

- 1) Le sale operatorie ad uso di pazienti infetti, sono in depressione rispetto ai locali limitrofi.
- 2) Si faccia riferimento agli esempi proposti in appendice D.
- 3) Nel caso di ristrutturazioni in cui sia necessario realizzare sale operatorie in classe ISO 5 utilizzando sistemi di ricircolo in ambiente, si può al massimo raggiungere i 48 db(A); tale scelta deve essere motivata nel documento di progetto
- 4) Secondo la necessità di pulizia dell'aria nonché dal controllo.
- 5) Valore minimo da assumere in assenza di altri valori che stabiliti in funzione delle esigenze specifiche di affollamento, delle sorgenti di contaminanti e basata sull'analisi del rischio.



Valori imposti dalla legislazione vigente (Decreto del Presidente della Repubblica del 14/1/1997)

Caratteristiche dei sistemi di ventilazione

La geometria delle immissioni e delle espulsioni dell'aria dagli ambienti **deve essere particolarmente curata al fine di ottimizzare le caratteristiche ambientali e minimizzare effetti dannosi**, quali il by-pass tra immissione ed aspirazione, sotto-raffreddamenti locali causati da velocità residua dell'aria immessa troppo elevata, formazione di sacche non ventilate.

Si possono distinguere tre tipologie di immissione dell'aria:

- **flusso turbolento**
- **unidirezionale (anche detto laminare)**
- **misto.**

Flusso turbolento interessa immediatamente tutto l'ambiente e la concentrazione dei contaminanti aeroportati viene controllata grazie alla diluizione.



OK per interventi di chirurgia generale o similare

Caratteristiche dei sistemi di ventilazione

FLUSSO LAMINARE

L'aria si muove secondo linee di flusso parallele e la contaminazione prodotta viene allontanata con la stessa velocità del flusso.

Intero soffitto emette l'aria di ricambio → Flusso laminare verticale

Intera parete emette l'aria di ricambio → Flusso laminare orizzontale

Raccomandato per sale operatorie con particolari **esigenze di controllo della contaminazione aeroportata**, adibite ad esempio ad **interventi di cardiocirurgia, ortopedia, neurochirurgia, chirurgia vascolare**

Nel caso di flusso unidirezionale verticale, la sezione filtrante dovrebbe avere una superficie sufficiente a mantenere sotto flusso unidirezionale **l'intero campo operatorio e il tavolo servitore**

FLUSSO MISTO

Sono installati sistemi a flusso unidirezionale a protezione soltanto delle zone critiche (es. area contenente il campo operatorio).

Caratteristiche dei sistemi di ventilazione

Nel caso di distribuzione a flusso unidirezionale, sia parziale che totale, la **quantità dei ricambi orari N all'interno della zona** direttamente interessata dalla colonna d'aria dell'impianto è **notevolmente superiore ai 15** (l'intera portata insiste su una cubatura inferiore rispetto a quella dell'intera sala)



- Velocità residue dell'aria sugli operatori/operandi comprese tra 0,20 e 0,40 m/s.
- Grado di sotto raffreddamento dell'aria immessa molto basso (3-4° C).
- Per avere una temperatura media ambientale di 24° C occorre immettere aria con temperatura non inferiore ai 20-21° C (si lavora con controllo della temperatura in mandata anziché in ripresa rispetto ai sistemi tradizionali).

Caratteristiche dei sistemi di ventilazione

Ai fini del controllo della contaminazione ambientale = sicurezza di pazienti ed operatori, **le porte devono essere tenute aperte per periodi brevi**

Se ciò è incompatibile con la funzione ed il livello di contaminazione dei locali collegati, **deve essere interposto un locale filtro**, la cui funzione può essere assicurata soltanto impedendo che le sue porte di accesso e di uscita possano essere aperte contemporaneamente.



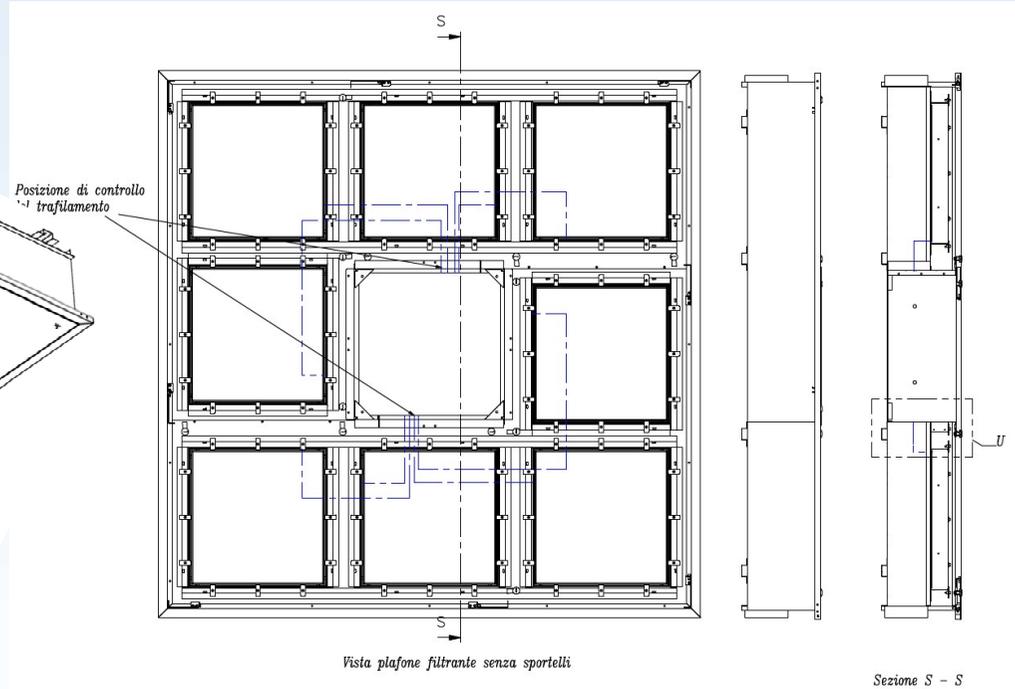
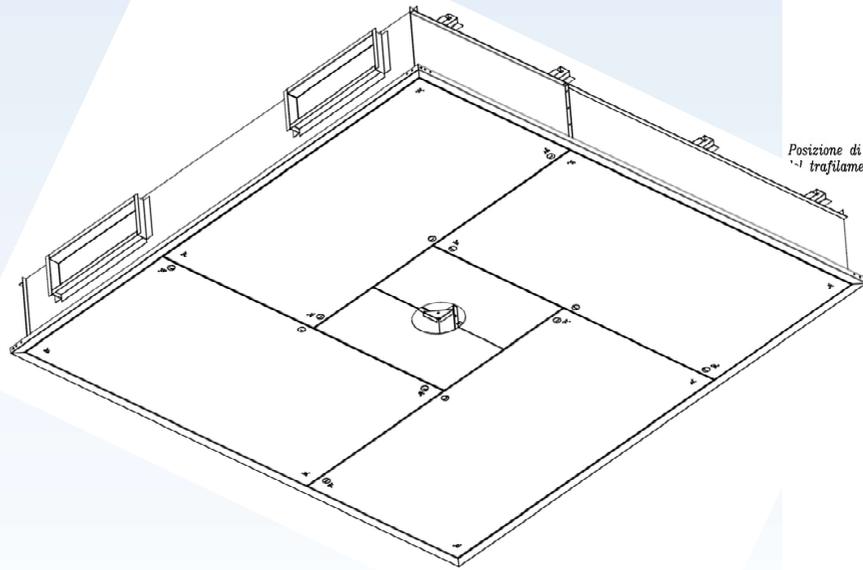
Ulteriori prescrizioni

- **Il blocco operatorio si trova in sovra-pressione rispetto all'esterno**
- **Le pressioni relative tra i vari locali variano in funzione del livello di contaminazione accettato**
- **La sala operatoria è il locale a pressione più alta**

13/01/2023

Caratteristiche dei sistemi di ventilazione

PLENUM A FLUSSO LAMINARE



Funzionamento in condizioni non operative

- **La quantità di aria immessa**, specie quella di rinnovo, **può essere ridotta al fine di contenere i consumi energetici** quando i locali non sono occupati, come avviene nelle ore notturne.
- Anche in tali condizioni l'impianto **deve garantire le condizioni igieniche previste.**
- **Mantenimento delle pressioni differenziali tra locali collegati** ed un quantitativo di aria immessa sufficiente ad asportare il particolato emesso dalle pareti e dalle suppellettili presenti negli ambienti.
- **L'accesso ai locali deve essere proibito a chiunque**, e tutte le aperture devono essere tenute perfettamente chiuse.

Condotte di distribuzione

Le condotte di distribuzione dell'aria **devono essere costruite con materiale avente resistenza meccanica idonea all'impiego previsto**, non degradabile e non infiammabile, **con perdite d'aria predefinite**, (si rimanda agli schemi tipologici dell'appendice D informativa UNI 11425), facendo riferimento alle norme seguenti:

- UNI EN 12237 per i canali metallici a sezione circolare;
- UNI EN 1507 per i canali metallici a sezione rettangolare;
- UNI EN 13403 per quelli non metallici;
- UNI EN 12097 per i requisiti relativi ai componenti atti a facilitare la manutenzione delle reti delle condotte.

Le superfici interne **non devono emettere sostanze nocive e non devono essere mezzo di nutrimento per microrganismi**.

I dispositivi e componenti che costituiscono la rete aeraulica (in particolare le sezioni di mandata e ricircolo) non rilascino sostanze nocive, fibre o odori e **non favoriscano la crescita microbica**. Il collegamento tra unità di trattamento e terminali dei locali a contaminazione controllata deve essere il più corto possibile. **Tubazioni flessibili, purché di lunghezza non maggiore di 1,5 m, devono essere utilizzate solo per raccordare i canali con i diffusori**.

Le condotte **devono essere internamente ispezionabili almeno tramite opportuni sportelli a tenuta**, che devono essere previsti almeno in corrispondenza di organi non smontabili quali serrande di regolazione, valvole, serrande tagliafuoco, batterie di scambio e silenziatori, ove esistenti.

Caratteristiche delle unità di trattamento aria

- Struttura della UTA in classe B di tenuta all'aria in sovrappressione ed in depressione e in classe T1 per conduttività termica (UNI EN 1886)
- Dispositivi attivi o passivi di controllo atti a consentire la verifica dello stato di funzionalità di ventilatori, filtri, umidificatori e bacinelle di raccolta della condensa; questi componenti devono essere illuminati con lampade in classe IP55
- pannellature costituenti l'involucro devono essere del tipo con isolamento termico interposto e privo di ponti termici e con portine di ispezione a tenuta.
- superfici interne dell'UTA devono essere lisce, facili da pulire e realizzate con materiali resistenti agli agenti di pulizia e disinfezione; non devono rilasciare inquinanti e non devono presentare punti di pericolo per il manutentore
- componenti interni dell'unità di trattamento dell'aria devono essere accessibili da entrambe le parti per la pulizia e la sanificazione e devono essere estraibili dalla unità stessa in modo facile e sicuro per pulizia e manutenzione
- sistema di umidificazione deve essere del tipo a vapore pulito, saturo o surriscaldato e garantire che in nessun punto dell'unità di trattamento aria ci sia rischio di formazione di condensa. L'erogazione del vapore deve essere interbloccata con il buon funzionamento del sistema di ventilazione (interblocco per mancanza di flusso, interblocco per umidità massima in uscita, azione di regolazione con controreazione in mandata, chiusura per mancanza di alimentazione di rete, ecc.). L'acqua di alimentazione degli umidificatori a vapore è consigliata sia almeno demineralizzata ma la non tossicità dell'aria di mandata deve essere permanentemente garantita.

Caratteristiche delle unità di trattamento aria

- Tutti i componenti critici delle macchine di trattamento, ricircolo ed espulsione (per esempio batterie tenute dei filtri, ventilatori, ecc.) devono essere valutati a fronte di una documentata analisi del rischio per definire le loro affidabilità o le loro ridondanze.
- Al fine di prevenire lo sporco dei componenti dell'UTA e delle condotte devono essere previsti due livelli di filtrazione:
 - pre-filtrazione, effettuata con un filtro di efficienza minima pari a F6 posto all'entrata dell'unità di trattamento, allo scopo di tenere pulita l'unità di trattamento. Qualora si prevedano temperature esterne minori di -5°C si deve installare a monte di questo filtro una batteria di preriscaldamento non alettata, in quanto attraversata da aria non filtrata, in grado di alzare la temperatura di circa 5°C evitando il pericolo che il filtro stesso possa gelare;
 - filtrazione, effettuata con un filtro di efficienza pari a F9 posto all'uscita dell'unità di trattamento e all'imbocco dei canali di mandata verso la sala controllata, allo scopo di tenere puliti i canali di mandata verso la sala chirurgica.

I filtri devono essere installati su un sistema di guarnizioni in grado di garantire la tenuta all'aria ed evitare ogni bypass lungo il loro perimetro, che ne ridurrebbe l'efficienza, così come previsto dalla UNI EN 1886; la perdita di carico di ogni sezione filtrante deve essere rilevabile da un idoneo sistema di misura/controllo per dare la indicazione di stato di filtro sporco.

Su ogni filtro e in maniera ben visibile devono essere riportate le seguenti indicazioni minime:

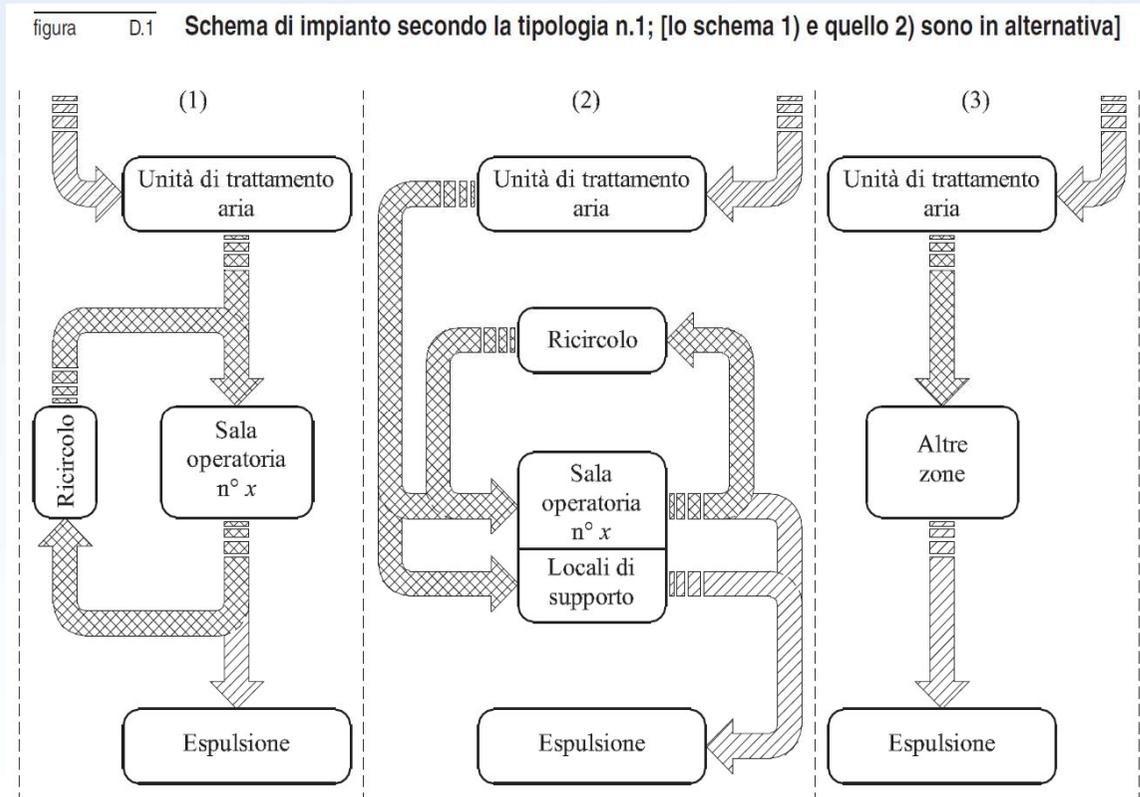
- efficienza della sezione filtrante;
- tipo del mezzo filtrante;
- portata nominale di aria;
- perdita di carico iniziale;
- massima perdita di carico ammissibile

Sistemi di regolazione e controllo

- L'impianto **deve essere assistito da un sistema di regolazione automatica** che ne garantisca la gestione al fine di mantenere il valore dei parametri di controllo entro gli intervalli accettati di funzionamento e **dovrà essere in grado di segnalare con allarmi eventuali malfunzionamenti**. (consigliabili sistemi di Building Automation)
- La regolazione **deve prevedere la funzionalità di attenuazione notturna**, per ridurre la portata d'aria a blocco operatorio inattivo, ottenendo così un importante risparmio energetico pur tutelando il controllo della contaminazione delle sale operatorie.
- Gli attuatori in campo devono essere ispezionabili e manutenibili; per gli ambienti classificati ISO le operazioni è raccomandato che vengano effettuate dall'esterno.
- Tutte le logiche di funzionamento devono essere riportate nel manuale d'uso.
- L'impianto **deve essere anche dotato di un sistema di controllo dei parametri critici** indipendentemente dal sistema di regolazione, che segnali ed eventualmente registri gli allarmi su tali parametri.
- Si **deve inoltre prevedere che, durante la disinfezione della sala, gli agenti chimici vengano anche fatti transitare nella macchina e nei canali**.

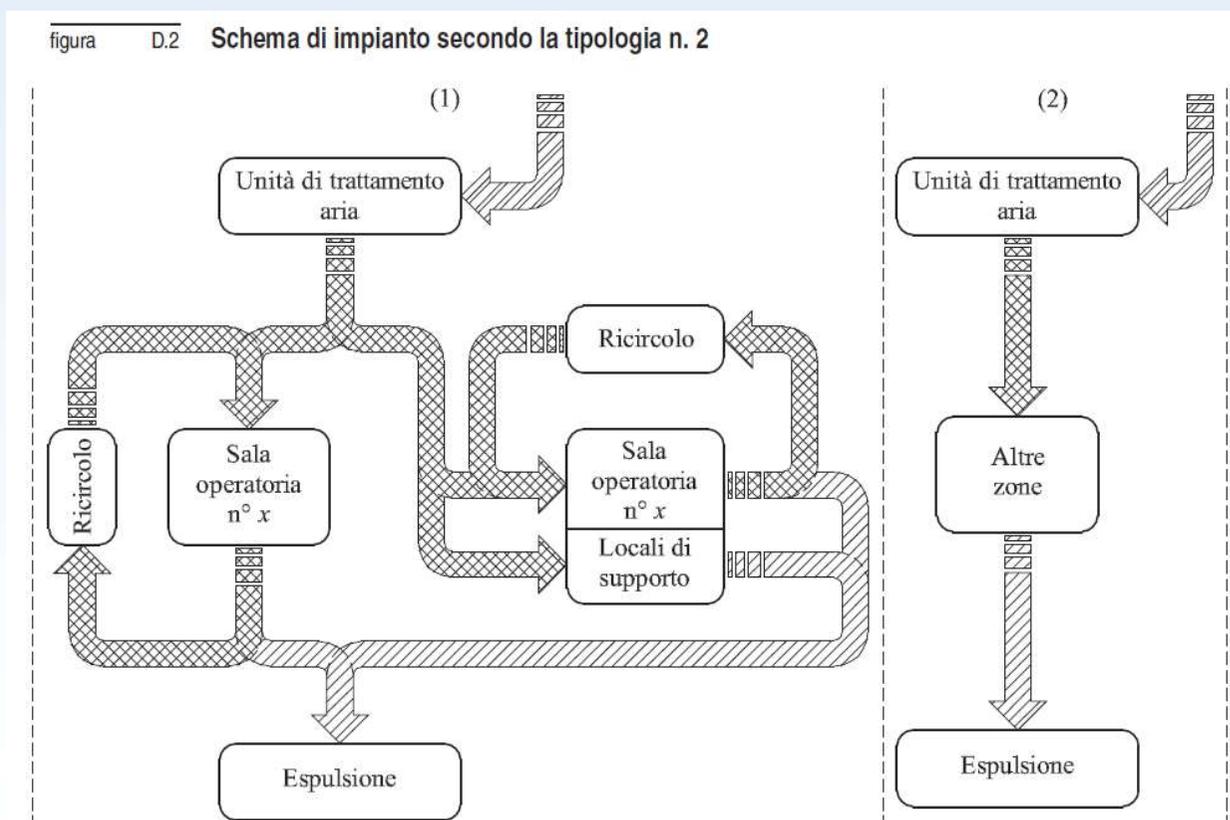
Tipologia di trattamento dell'aria

La tipologia n. 1 è costituita da una unità di trattamento dell'aria esterna e dell'aria ricircolata dedicata a ciascuna sala operatoria (ed eventualmente ai suoi locali di supporto), affiancata da ulteriori unità di trattamento per i rimanenti locali del blocco operatorio. Lo schema è riportato nella figura D.1. La classe di tenuta della condotta di mandata sarà la A se il percorso è totalmente esterno, la B se il percorso è all'interno.



Tipologia di trattamento dell'aria

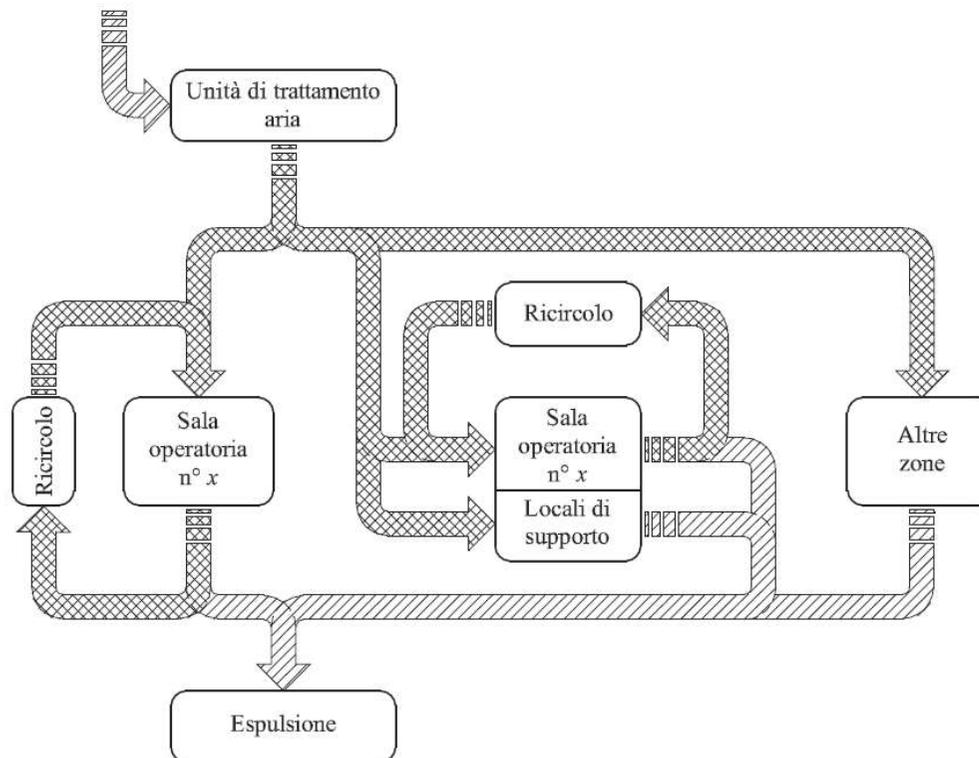
La tipologia n. 2 è costituita da una unità centralizzata di pretrattamento dell'aria esterna, supportata da unità di ricircolo (interna o esterna alla sala) per ciascuna sala operatoria (ed eventualmente per i suoi locali di supporto), affiancata da ulteriori unità di trattamento per gli altri locali componenti il blocco operatorio. Lo schema è riportato nella figura D.2. La classe di tenuta della condotta di mandata sarà la A se il percorso è totalmente esterno, la B se il percorso è all'interno.



Tipologia di trattamento dell'aria

Una unità centralizzata di pretrattamento dell'aria esterna a servizio di tutti i locali del blocco, supportata da una unità di ricircolo (interna o esterna alla sala operatoria) per ciascuna sala operatoria (ed eventualmente per i suoi locali di supporto) e da post trattamento per gli altri locali componenti il blocco operatorio. Lo schema è riportato nella figura D.3. La classe di tenuta della condotta di mandata sarà la A se il percorso è totalmente esterno, la B se il percorso è all'interno.

figura D.3 Schema di impianto secondo la tipologia n. 3



ESEMPIO SALE OPERATORIE

Dati tecnici	U.M.	UTA SALA OPERATORIA 1-2-3	Dati tecnici	U.M.	UTA SALA OPERATORIA 4
Portata d'aria mandata	m ³ /h	6.600	Portata d'aria mandata	m ³ /h	9.000
Pressione statica utile mandata	Pa	700	Pressione statica utile mandata	Pa	700
Portata d'aria ripresa	m ³ /h	5.500	Portata d'aria ripresa	m ³ /h	8.300
Pressione statica utile ripresa	Pa	400	Pressione statica utile ripresa	Pa	400
Velocità di attraversamento	m/s	2,4	Velocità di attraversamento	m/s	2,3
Tipo ventilatori	AC/EC	EC	Tipo ventilatori	AC/EC	EC
Serrande di intercettazione		SI	Serrande di intercettazione		SI
Oblò e punto luce	n°	4	Oblò e punto luce	n°	4
Verniciatura epossidica		SI	Verniciatura epossidica		SI
misuratore in continuo di portata	n°	4	misuratore in continuo di portata	n°	4
materassino fono assorbente		SI	materassino fono assorbente		SI
Filtri in ripresa	eff.	F7 - H13	Filtri in ripresa	eff.	F7 - H13
Filtri in mandata	eff.	F7 - H14	Filtri in mandata	eff.	F7 - H14
Recuperatore a flussi incrociati	eff.	74,9 (-8 °C 90% - 18°C 50%)	Recuperatore a flussi incrociati	eff.	75,9 (-8 °C 90% - 18°C 50%)
Conforme a direttiva Ecodesign 2018		SI	Conforme a direttiva Ecodesign 2018		SI
Opzioni costruttive			Opzioni costruttive		
Profilo in alluminio anodizzato	mm	60 a taglio termico	Profilo in alluminio anodizzato	mm	60 a taglio termico
Spessore pannello	mm	63	Spessore pannello	mm	63
Resistenza meccanica		D1(M)	Resistenza meccanica		D1(M)
Tenuta		L1(M)	Tenuta		L1(M)
Trasmittanza termica		T2	Trasmittanza termica		T2
Taglio Termico		TB2	Taglio Termico		TB2
CERTIFICAZIONE EUROVENT	Classe	A	CERTIFICAZIONE EUROVENT	Classe	A
Pannello interno	sp.	6/10 acciaio inox	Pannello interno	sp.	6/10 acciaio inox
Pannello esterno	sp.	6/10 acciaio preverniciato	Pannello esterno	sp.	6/10 acciaio preverniciato
Coibente	Kg/m ³	40	Coibente	Kg/m ³	40
Materiale carpenterie		acciaio Inox AISI 304	Materiale carpenterie		acciaio Inox AISI 304
Telaio batteria		acciaio Inox AISI 304	Telaio batteria		acciaio Inox AISI 304
Materiale alette		Alluminio preverniciato	Materiale alette		Alluminio preverniciato
Vasche		Drenanti in acciaio Inox AISI 316	Vasche		Drenanti in acciaio Inox AISI 316
Tetto di protezione		Lamiera preverniciata	Tetto di protezione		Lamiera preverniciata
Vano tecnico profondità	mm	790	Vano tecnico profondità	mm	790

N.B.: CASSONETTO VENTILATO PER ESTRAZIONE MAGAZZINO STERILE SALA 1-2
PORTATA 1100 mc/h SALA 3 PORTATA 500 mc/h PREVALENZA STATICA UTILE 250 Pa

N.B.: CASSONETTO VENTILATO PER ESTRAZIONE MAGAZZINO STERILE SALA 4
PORTATA 700 mc/h PREVALENZA STATICA UTILE 250 Pa

ESEMPIO SALE OPERATORIE

Dati tecnici	U.M.	UTA ZONA SPORCO		Dati tecnici	U.M.	UTA ZONA PULITO	
Portata d'aria mandata	m ³ /h	8.000		Portata d'aria mandata	m ³ /h	8.000	
Pressione statica utile mandata	Pa	400		Pressione statica utile mandata	Pa	700	
Portata d'aria ripresa	m ³ /h	8.000		Portata d'aria ripresa	m ³ /h	8.000	
Pressione statica utile ripresa	Pa	350		Pressione statica utile ripresa	Pa	400	
Velocità di attraversamento	m/s	2,1		Velocità di attraversamento	m/s	2,2	
Tipo ventilatori	AC/EC	EC		Tipo ventilatori	AC/EC	EC	
Serrande di intercettazione		NO		Serrande di intercettazione		NO	
Oblò e punto luce	n°	4		Oblò e punto luce	n°	4	
Verniciatura epossidica		SI		Verniciatura epossidica		SI	
misuratore in continuo di portata	n°	4		misuratore in continuo di portata	n°	4	
materassino fono assorbente		SI		materassino fono assorbente		SI	
Filtri in ripresa	eff.	F7		Filtri in ripresa	eff.	F7 - H13	
Filtri in mandata	eff.	F9		Filtri in mandata	eff.	F7 - H14	
Recuperatore a rotativo	eff.	80,9 (-8 °C 90% - 24°C 50%)		Recuperatore a flussi incrociati	eff.	77,8 (-7 °C 80% - 20°C 50%)	
Conforme a direttiva Ecodesign 2018		SI		Conforme a direttiva Ecodesign 2018		SI	
Opzioni costruttive				Opzioni costruttive			
Profilo in alluminio anodizzato	mm	60 a taglio termico		Profilo in alluminio anodizzato	mm	60 a taglio termico	
Spessore pannello	mm	63		Spessore pannello	mm	63	
Resistenza meccanica		D1(M)		Resistenza meccanica		D1(M)	
Tenuta		L1(M)		Tenuta		L1(M)	
Trasmittanza termica		T2		Trasmittanza termica		T2	
Taglio Termico		TB2		Taglio Termico		TB2	
CERTIFICAZIONE EUROVENT	Classe	A		CERTIFICAZIONE EUROVENT	Classe	B	
Pannello interno	sp.	6/10 acciaio inox		Pannello interno	sp.	6/10 acciaio inox	
Pannello esterno	sp.	6/10 acciaio preverniciato		Pannello esterno	sp.	6/10 acciaio preverniciato	
Coibente	Kg/m ³	40		Coibente	Kg/m ³	40	
Materiale carpenterie		acciaio Inox AISI 304		Materiale carpenterie		acciaio Inox AISI 304	
Telaio batteria		acciaio Inox AISI 304		Telaio batteria		acciaio Inox AISI 304	
Materiale alette		Alluminio preverniciato		Materiale alette		Alluminio preverniciato	
Vasche		Drenanti in acciaio Inox AISI 316		Vasche		Drenanti in acciaio Inox AISI 316	
Tetto di protezione		Lamiera preverniciata		Tetto di protezione		Lamiera preverniciata	
Vano tecnico profondità	mm	790		Vano tecnico profondità	mm	790	

13/01/2023

ESEMPIO SALE OPERATORIE

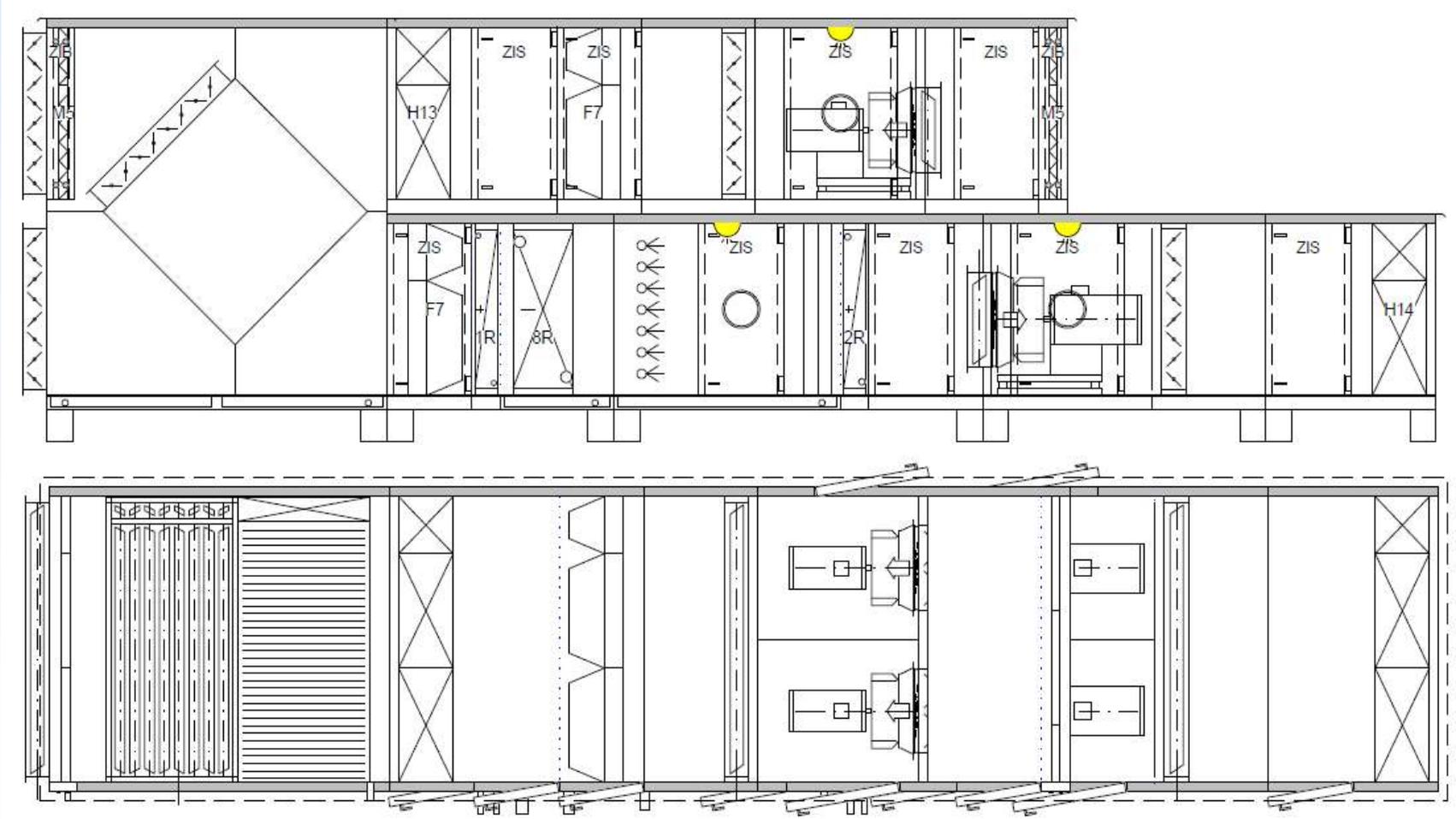
	INVERNO		ESTATE		PARAMETRI TERMOIGROMETRICI											
	T _{IN} (°C)	Ur% _{IN}	T _{OUT} (°C)	Ur% _{OUT}	T _{IN} (°C)	Ur% _{IN}	T _{OUT} (°C)	Ur% _{OUT}	Pot. Invernale (kW)	Portata (m ³ /h)	DP (kPa)	Pot. Estiva (kW)	Portata (m ³ /h)	DP (kPa)	DT Acqua (°C)	RENDIMENTO %
GRANDEZZA 6600 m³/h Sale Operatorie 1-2-3																
Recuperatore statico flussi incrociati alta efficienza ARIA ESTERNA	-8	90	12,1	20	32	50	24,5	77	43,15			16,14				A secco 74,9
Recuperatore statico flussi incrociati alta efficienza ARIA INTERNA	18	50	0,1	100	21	50	30,02	29								
Batteria di riscaldamento	12,1	20	22	11					21,5	1,89	11,3					65-55
Batteria di raffreddamento					24,5	77	10	100				74,3	12,7	19,9		5 - 10
Umidificatore a Vapore portata 53 kg/h	22	11	22	50,5												
Batteria di post-riscaldamento					10	100	22	46	27,1	2,37	8,9					65-55

	INVERNO		ESTATE		PARAMETRI TERMOIGROMETRICI											
	T _{IN} (°C)	Ur% _{IN}	T _{OUT} (°C)	Ur% _{OUT}	T _{IN} (°C)	Ur% _{IN}	T _{OUT} (°C)	Ur% _{OUT}	Pot. Inver. (kW)			Pot. Est. (kW)			DT Acqua (°C)	RENDIMENTO %
GRANDEZZA 9000 m³/h Sala Operatoria 4																
Recuperatore statico flussi incrociati alta efficienza ARIA ESTERNA	-8	90	13,01	18	32	50	23,93	80	61,53			23,62				A secco 74,9
Recuperatore statico flussi incrociati alta efficienza ARIA INTERNA	18	50	0,91	98	21	50	29,75	29								
Batteria di riscaldamento	13	18	22	10					28,4	2,49	11,9					65-55
Batteria di raffreddamento					23,93	80	10	100				98,9	16,95	22,6		5 - 10
Umidificatore a Vapore portata 72 kg/h	22	10	22	49,86												
Batteria di post-riscaldamento					10	100	22	46	36,9	3,24	8,4					65-55

	INVERNO		ESTATE		PARAMETRI TERMOIGROMETRICI											
	T _{IN} (°C)	Ur% _{IN}	T _{OUT} (°C)	Ur% _{OUT}	T _{IN} (°C)	Ur% _{IN}	T _{OUT} (°C)	Ur% _{OUT}	Pot. Inver. (kW)			Pot. Est. (kW)			DT Acqua (°C)	RENDIMENTO %
GRANDEZZA 8000 m³/h zona pulito																
Recuperatore statico flussi incrociati alta efficienza ARIA ESTERNA	-8	90	18,14	13	32	50	26,11	70	68,04			15,33				A secco 73,0
Recuperatore statico flussi incrociati alta efficienza ARIA INTERNA	24	50	5,98	97	24	50	29,89	35								Richiesto 80
Batteria di riscaldamento	18,1	13	24	9,1					15,4	1,35	17					65-55
Batteria di raffreddamento					26,1	70	13	100				72,1	12,4	27		7 - 12
Umidificatore a Vapore portata 75 kg/h	24	9,1	24	49,16												
Batterie di post-riscaldamento (NOTA BENE: BATTERIE IN CAMPO)					13	100	38	22	40	3,3	Varie					65-55

	INVERNO		ESTATE		PARAMETRI TERMOIGROMETRICI											
	T _{IN} (°C)	Ur% _{IN}	T _{OUT} (°C)	Ur% _{OUT}	T _{IN} (°C)	Ur% _{IN}	T _{OUT} (°C)	Ur% _{OUT}	Pot. Inver. (kW)			Pot. Est. (kW)			DT Acqua (°C)	RENDIMENTO %
GRANDEZZA 8000 m³/h zona sporco e locali personale ospedaliero																
Recuperatore rotativo igroscopico alta efficienza ARIA ESTERNA	-8	90	17,9	63	32	50	25,5	50	110,9			48,7				In temperatura 80,9
Recuperatore rotativo igroscopico alta efficienza ARIA INTERNA	24	50	-1,9	91	24	50	30,5	50								In Umidità 84
Batteria di riscaldamento	17,9	63	24	43												65-55
Batteria di raffreddamento					25,5	50	13	100	16,8	1,48	8,8					7 - 12
Umidificatore a Vapore portata 15 kg/h	24	43	24	51,45								43,6	7,48	22,4		
Batterie di post-riscaldamento (NOTA BENE: BATTERIE IN CAMPO)					13	100	38	22	40	3,3	Varie					65-55

ESEMPIO SALE OPERATORIE



13/01/2023

BMS

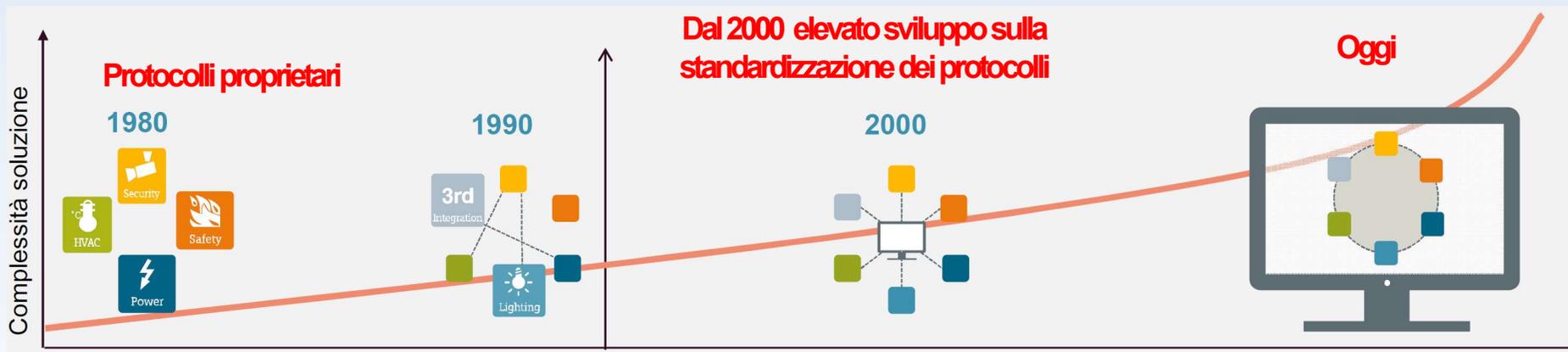
Building Management System

BEMS

Building Energy Management System

Evoluzione BMS

Dall'integrazione dei sistemi al Sistema Integrato



Nessuna integrazione	Integrazioni limitate	Supervisione Integrata	Piattaforma totalmente integrata
Funzionalità Limitate	Funzionalità Ridotte	Supervisione Integrata	Controllo Completo
Supervisione Locale	Supervisione Dedicata	Compatibilità Limitata	Completa Compatibilità

Evoluzione BMS

Gestione Integrata degli Edifici

Computer Integrated Building Automation

Anni 2000 e oltre

Sistemi Integrati

BMS Building Management System

Building Energy Management System

Anni '90

Sistemi Multifunzione

Sicurezza e Controllo Accessi

HVAC e Controlli di impianto

Illuminazione

Trasporti

Anni '80

Funzioni Singole Sistemi dedicati

Sicurezza

Controllo Accessi

CCTV

HVAC

Metering

Controllo Luci

Scale Mobili

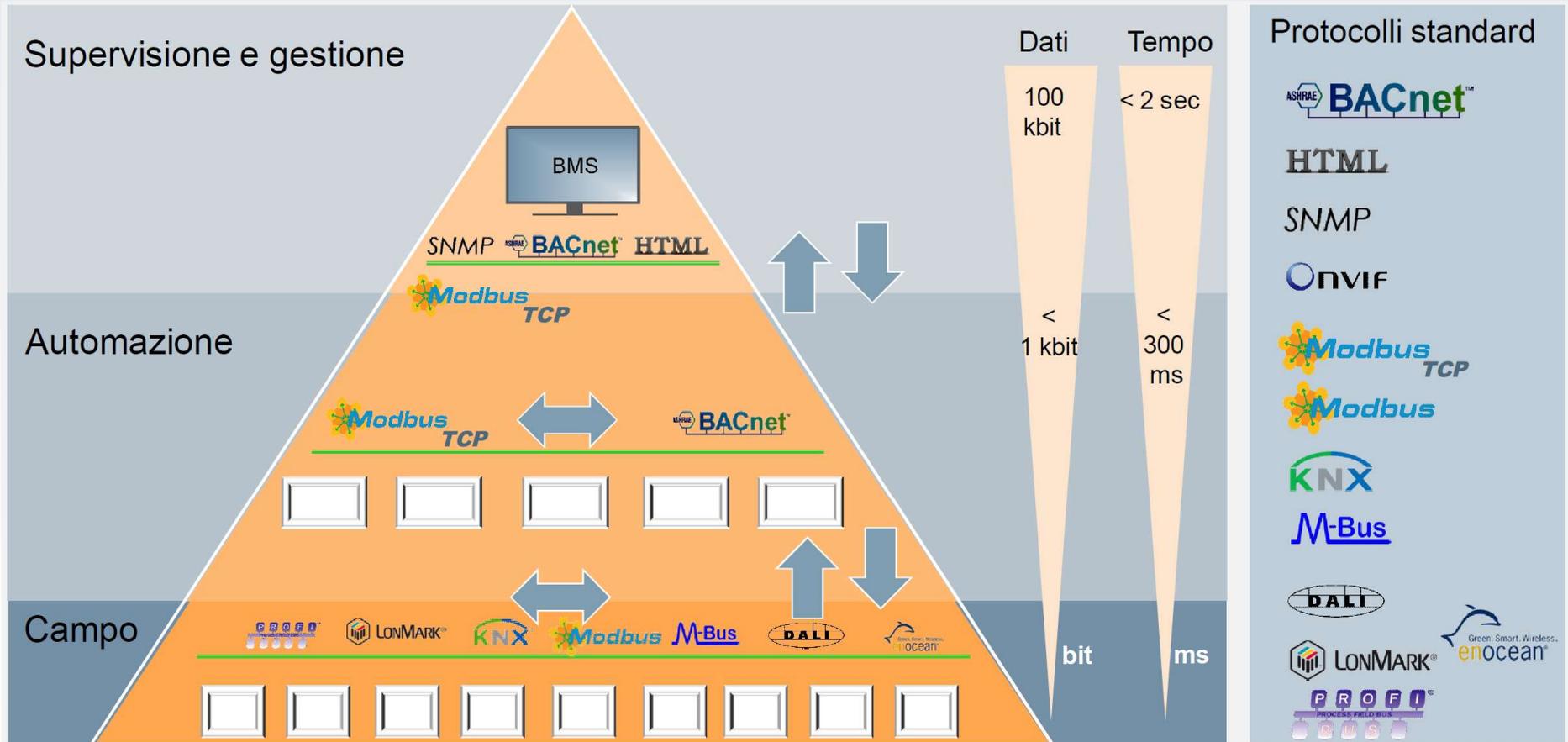
Ascensori

Anni '70 e primi anni '80

Apparecchiature Singole

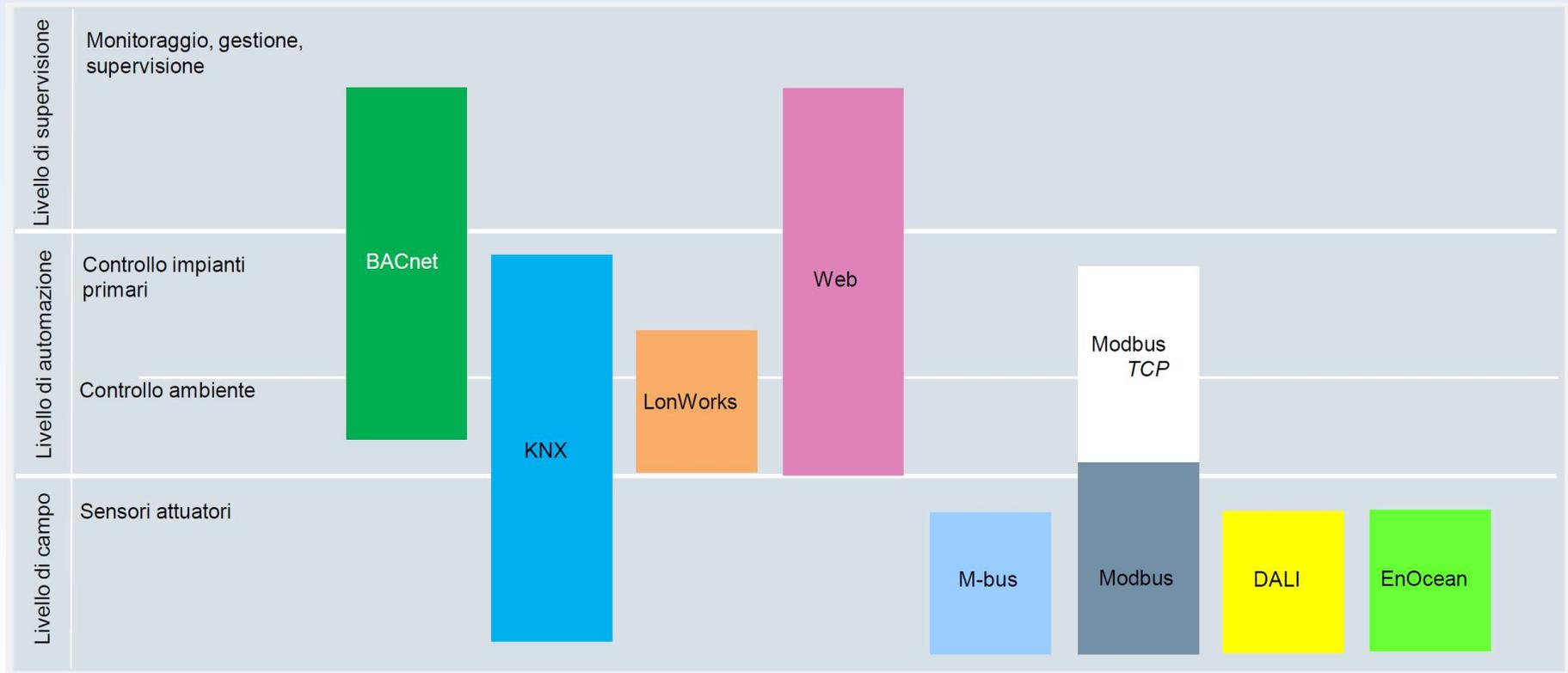
Architettura BMS

Protocolli di un sistema BMS



Architettura BMS

Ambito di applicazione dei protocolli di comunicazione



Architettura BMS

Livello di standardizzazione dei protocolli

Protocollo	Livello di standardizzazione	Livello BMS	Tipologia	Supporto
Modbus	++	Campo	General	RS485/RS232
Modbus/TCP	++	Campo/Automation	General	Ethernet
KNX	++++	Campo	Elettrico	TP/PL/Ethernet
DALI	+++	Campo	Luci	TP
EnOcean	++++	Campo	Elettrico	WiFi
BACnet	++++	Automation/Management	Building	LON/RS485/Ethernet

EN 15232

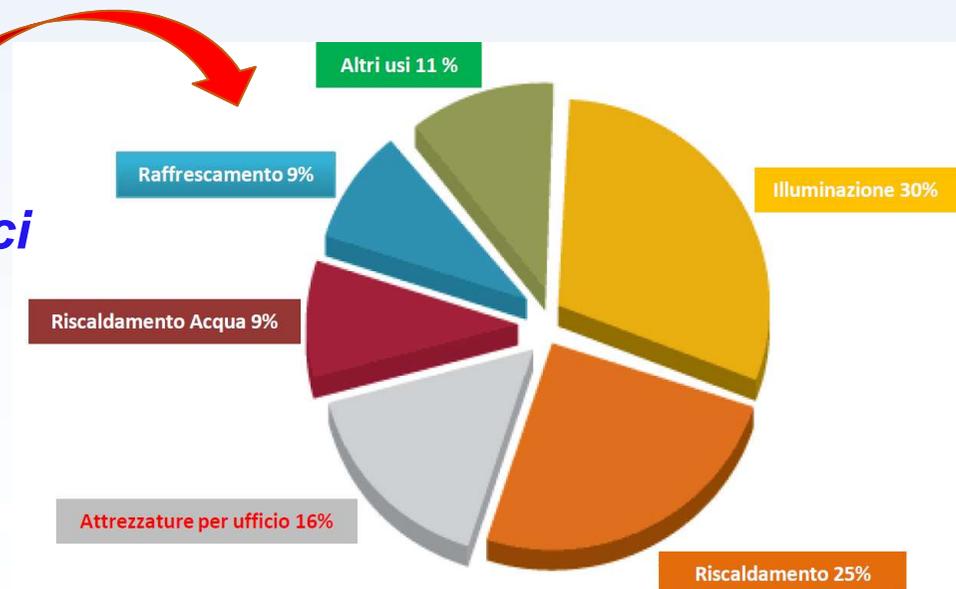
EDIFICI → **40% dei consumi di energia in Europa è imputabile agli immobili**



EPBD 2010/31/EU

60% dell'energia negli edifici è impiegata per:

- **Illuminazione**
- **Riscaldamento**
- **Raffrescamento**
- **Ventilazione**



EN 15232

Luglio 2007 Norma EN15232

Obbligatoria dal 1/10/2015 per nuove costruzioni o ristrutturazioni importanti (DM 26/06/2015)

Prestazione energetica degli edifici – Incidenza dell'automazione, della regolazione e della gestione tecnica degli edifici

La norma consente una valutazione concreta dell'effetto dell'automazione e della gestione tecnica sui consumi energetici degli edifici.

Livello minimo di automazione corrispondente alla Classe B (N.B. edifici diversi da E.1)



SCOPO DELLA NORMA

- ✓ Aumentare la familiarità e la consapevolezza sulla tecnologia dell'automazione degli edifici
- ✓ Fornire elementi di facile comprensione al Committente finale descrivendone i benefici derivanti da una "Progettazione integrata" che preveda sistemi di building automation

Introdurre sistemi di automazione in grado di dialogare tra di loro e integrare i diversi sistemi energetici presenti



EDIFICIO INTELLIGENTE

EN 15232

Classi di efficienza energetica

Come la Classe B ma con livelli di precisione e completezza del controllo automatico tali da garantire elevati prestazioni energetiche all'impianto

A

Impianti controllati con sistemi di automazione BUS (HBES/BACS) dotati anche di una gestione centralizzata e coordinata delle funzioni e dei singoli impianti (TBM)

B

Impianti automatizzati con apparecchi di controllo tradizionali o sistemi bus (HBES/BACS). Requisito minimo EPBD

C

Comprende gli impianti tecnici tradizionali e privi di automazione

D

13/01/2023

EN 15232

Classi di efficienza energetica – Come si assevera Novembre 2016 Norma UNI/TS 11651

Procedura di asseverazione per i sistemi di automazione e regolazione degli edifici in conformità alla norma UNI EN 15232

La presente specifica tecnica fornisce la procedura di asseverazione per i sistemi di automazione e regolazione degli edifici (BACS) come definiti dalla UNI EN 15232. L'asseverazione consente pertanto di verificare la conformità del sistema BACS, come realizzato, a una classe di efficienza (A,B,C,D) per gli edifici residenziali e non residenziali

EN 15232

Classi di efficienza energetica – Come si assevera

Novembre 2016 Norma UNI/TS 11651

La procedura di asseverazione per l'assegnazione della classe di efficienza energetica valuta le funzione di regolazione pertinenti per i seguenti servizi:

- Riscaldamento**
- Produzione di ACS (regolazione della mandata)**
- Raffrescamento**
- Ventilazione e condizionamento dell'aria**
- Illuminazione**
- Schermature solari**
- Gestione tecnica dell'edificio**

EN 15232

Esempio Riscaldamento

			CLASSE B 							
			Definizione delle classi							
			Residenziale				Non Residenziale			
			D	C	B	A	D	C	B	A
			REGOLAZIONE AUTOMATICA							
Colonna 1	1	REGOLAZIONE DEL RISCALDAMENTO								
+	1.1	Regolazione dell'emissione								
		Il sistema di regolazione è installato sul terminale o nell'ambiente; per il caso 1 un sistema può regolare diversi ambienti								
	0	Nessuna regolazione automatica								
	1	Regolazione automatica centrale								
	2	Regolazione di ogni ambiente								
X	3	Regolazione di ogni ambiente con comunicazione								
	4	Regolazione di ogni ambiente con comunicazione e regolazione di presenza								
+	1.2	Regolazione dell'emissione per TABS (Thermo Active Building System - Sistemi ad attivazione della massa)								
	0	Nessuna regolazione automatica								
	1	Regolazione automatica centrale								
X	2	Regolazione automatica centrale avanzata								
	3	Regolazione automatica centrale avanzata con funzionamento intermittente e/o regolazione in retroazione della temperatura ambiente								
+	1.3	Regolazione della temperatura dell'acqua calda nella rete di distribuzione (mandata o ritorno)								
		Una funzione simile può essere utilizzata per il controllo delle reti di riscaldamento elettrico diretto								
	0	Nessuna regolazione automatica								
	1	Compensazione con la temperatura esterna								
X	2	Regolazione in base alla richiesta								
+	1.4	Regolazione delle pompe di distribuzione nelle reti								
		Le pompe regolate possono essere installate a diversi livelli nella rete								
	0	Nessuna regolazione automatica								
	1	Regolazione accensione/spengimento								
	2	Regolazione multistadio								
X	3	Regolazione della pompa a velocità variabile								
+	1.5	Regolazione intermittente dell'emissione e/o della distribuzione								
		Un solo regolatore può controllare diversi ambienti/zona aventi lo stesso profilo di occupazione								
	0	Nessuna regolazione automatica								
	1	Regolazione automatica con programma orario fisso								
	2	Regolazione automatica con partenza/avvio ottimizzato								
X	3	Regolazione automatica in base alla richiesta								
+	1.6	Regolazione del generatore per riscaldamento a combustione e teleriscaldamento								
	0	Regolazione a temperatura costante								
X	1	Regolazione a temperatura variabile in funzione della temperatura esterna								
	2	Regolazione a temperatura variabile in funzione del carico								

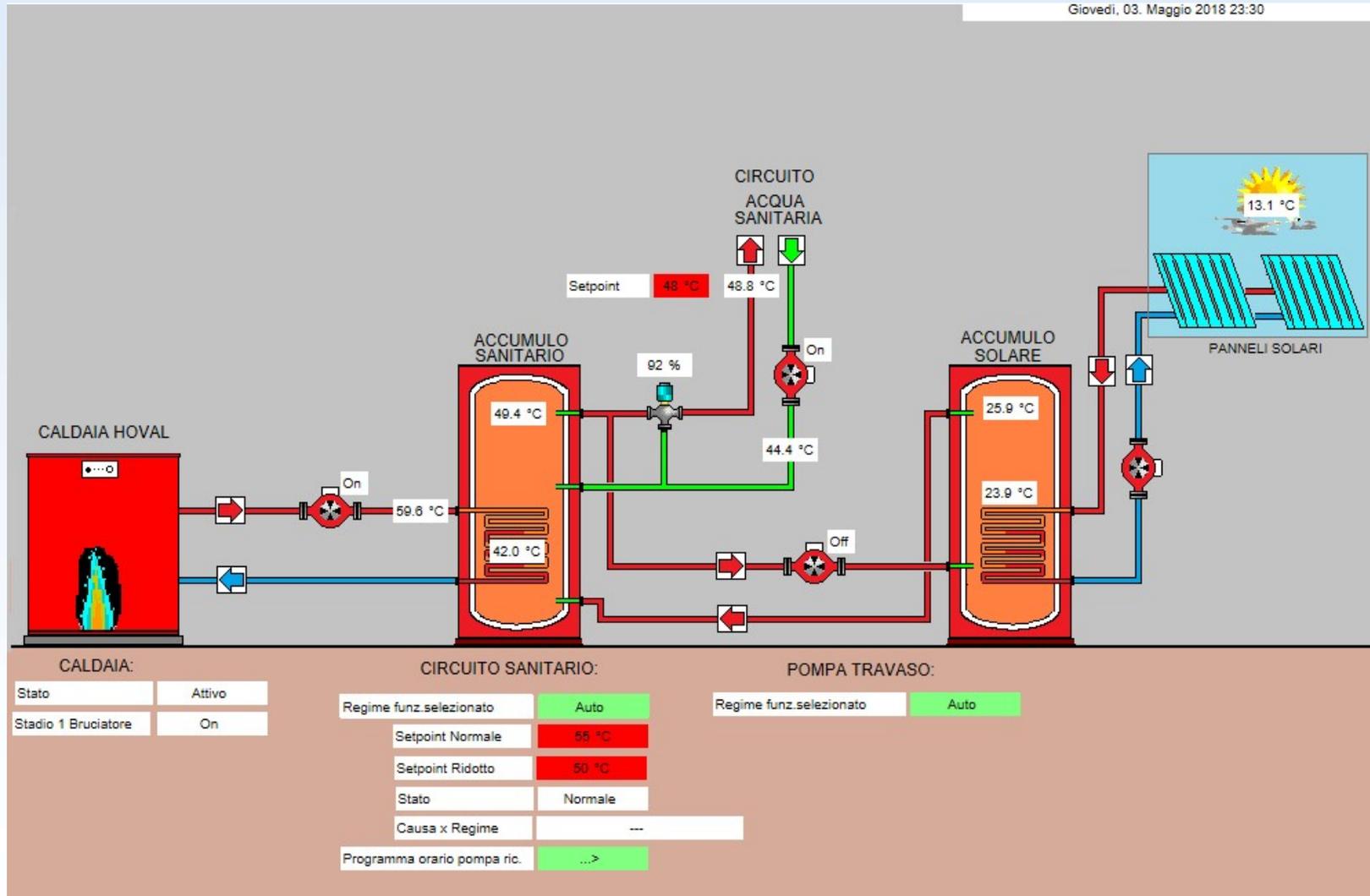
13/01/2023

EN 15232

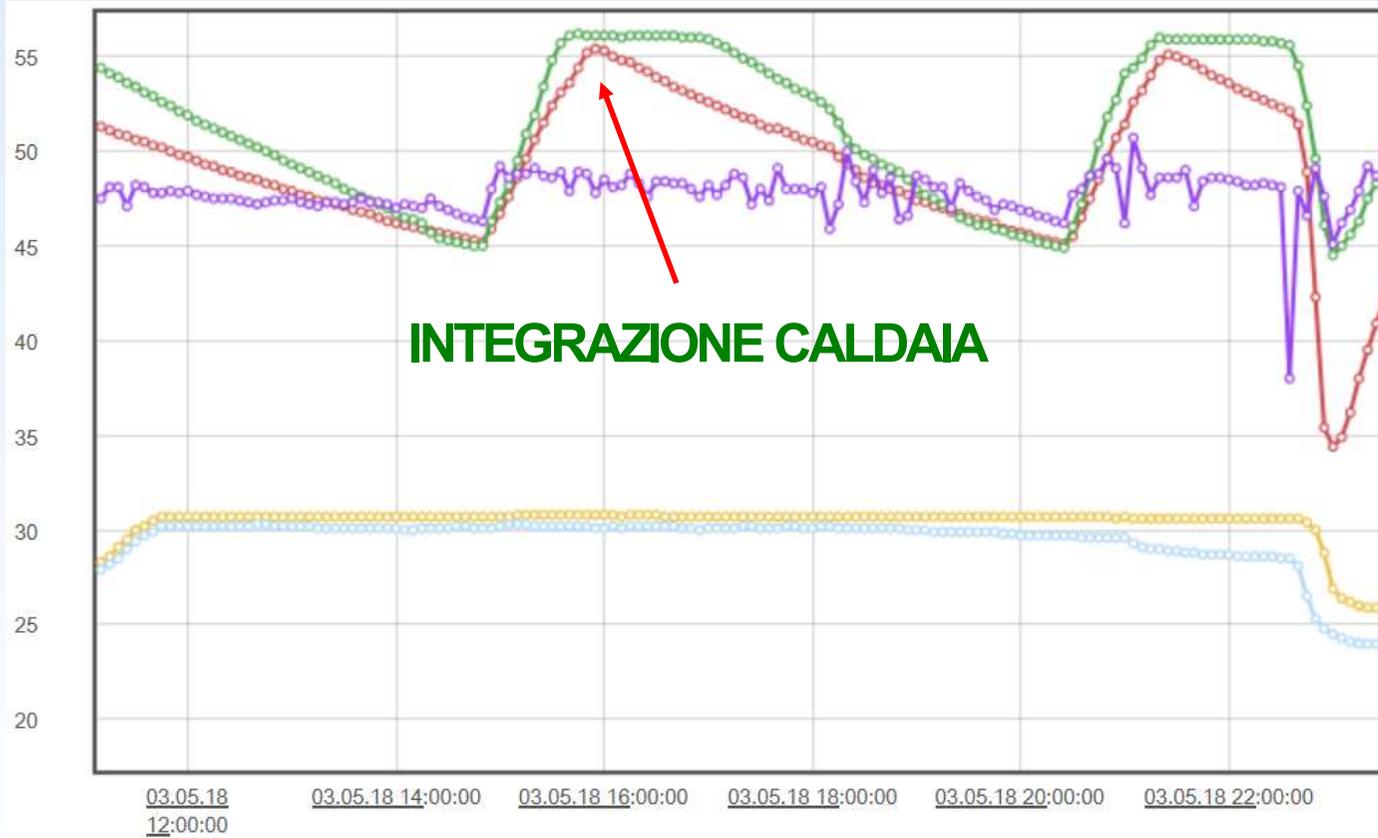
Esempio ACS e solare termico

			CLASSE B 								
			Definizione delle classi								
			Residenziale				Non Residenziale				
			D	C	B	A	D	C	B	A	
Colonna 1	2	REGOLAZIONE DELLA MANDATA DI ACQUA CALDA SANITARIA									
	2.1	Regolazione della temperatura di accumulo di DHW con riscaldamento elettrico integrato o pompa di calore elettrica									
	0	Regolazione automatica accensione/spengimento									
	1	Regolazione automatica accensione/spengimento e avvio a tempo del caricamento									
	2	Regolazione automatica accensione/spengimento, avvio a tempo del caricamento e gestione multisensore dell'accumulo									
+	2.2	Regolazione della temperatura di accumulo di DHW con generatore di calore									
	0	Regolazione automatica accensione/spengimento									
	1	Regolazione automatica accensione/spengimento e avvio a tempo del caricamento									
	2	Regolazione automatica accensione/spengimento, avvio a tempo del caricamento e mandata in base alla richiesta o gestione multisensore dell'accumulo.									
X	3	Regolazione automatica accensione/spengimento, avvio a tempo del caricamento, mandata in base alla richiesta o regolazione della temperatura di ritorno e gestione multisensore dell'accumulo.									
+	2.3	Regolazione della temperatura di accumulo di DHW a variazione stagionale: con generatore di calore o riscaldamento elettrico integrato									
	0	Regolazione a selezione manuale con accensione/spengimento della pompa di carico o riscaldamento elettrico									
	1	Regolazione a selezione automatica con accensione/spengimento della pompa di carico o riscaldamento elettrico e avvio a tempo del caricamento.									
	2	Regolazione a selezione automatica con accensione/spengimento della pompa di carico o riscaldamento elettrico, avvio a tempo del caricamento e mandata in base alle richieste o gestione multisensore dell'accumulo.									
X	3	Regolazione a selezione automatica con generatore di calore, mandata in base alla richiesta e regolazione della temperatura di ritorno o riscaldamento elettrico, avvio a tempo del caricamento e gestione multisensore dell'accumulo.									
+	2.4	Regolazione della temperatura di accumulo di DHW con collettore solare e generazione di calore									
	0	Regolazione a selezione manuale dell'energia solare o della generazione di calore									
	1	Regolazione automatica del carico di accumulo solare (priorità 1) e del carico di accumulo integrativo.									
	2	Regolazione automatica del carico di accumulo solare (priorità 1) e del carico di accumulo integrativo, mandata in base alla richiesta o gestione multisensore dell'accumulo.									
X	3	Regolazione automatica del carico di accumulo solare (priorità 1) e del carico di accumulo integrativo, mandata in base alla richiesta, regolazione della temperatura di ritorno e gestione multisensore dell'accumulo.									

Esempio Applicativo BMS

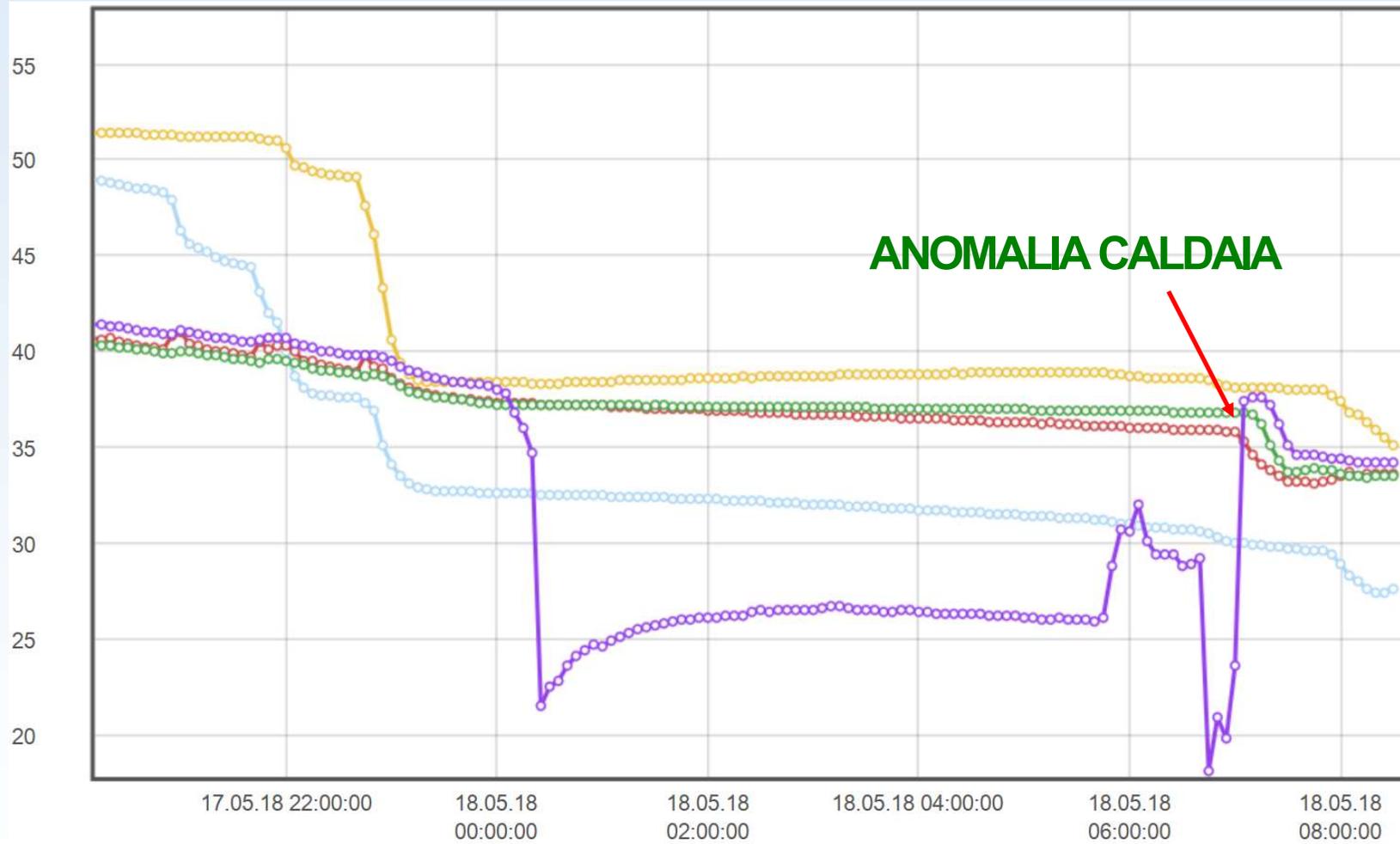


Esempio Applicativo BMS

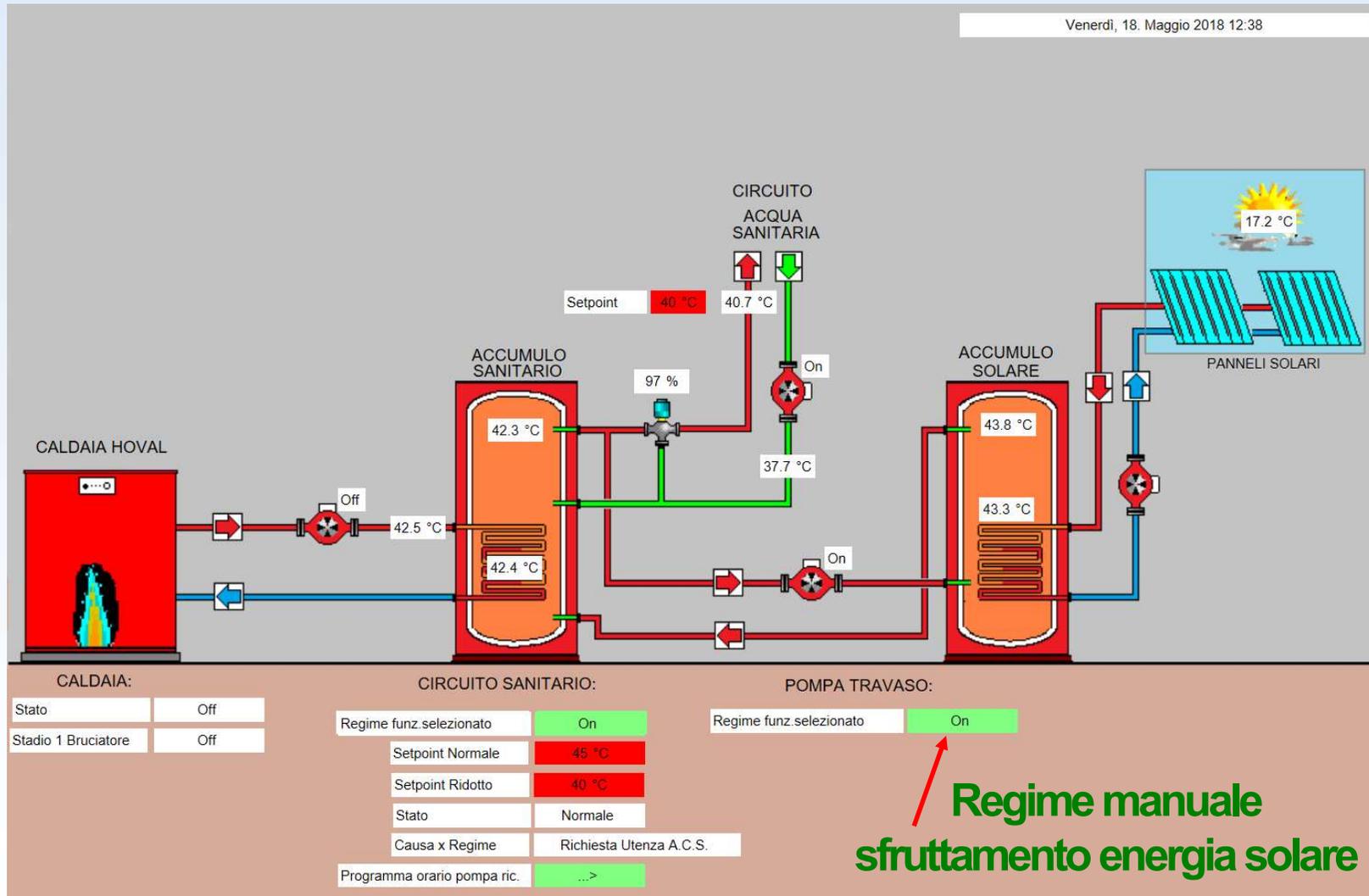


- Pagina principale > 0.2.3
Circuito sanitario > Varie >
Ingressi Regolatore: Temp acc solare
- Pagina principale > 0.2.3
Circuito sanitario > Varie >
Ingressi Regolatore: Temp contr travaso
- Pagina principale > 0.2.3
Circuito sanitario > Circuito sanitario > Ingressi/SetPoints: Temp. Accum.(basso)
- Pagina principale > 0.2.3
Circuito sanitario > Circuito sanitario > Ingressi/SetPoints: Temp. Accumulo (alto)
- Pagina principale > 0.2.3
Circuito sanitario > Circuito sanitario > Ingressi/SetPoints: Temp.mand.utenza

Esempio Applicativo BMS

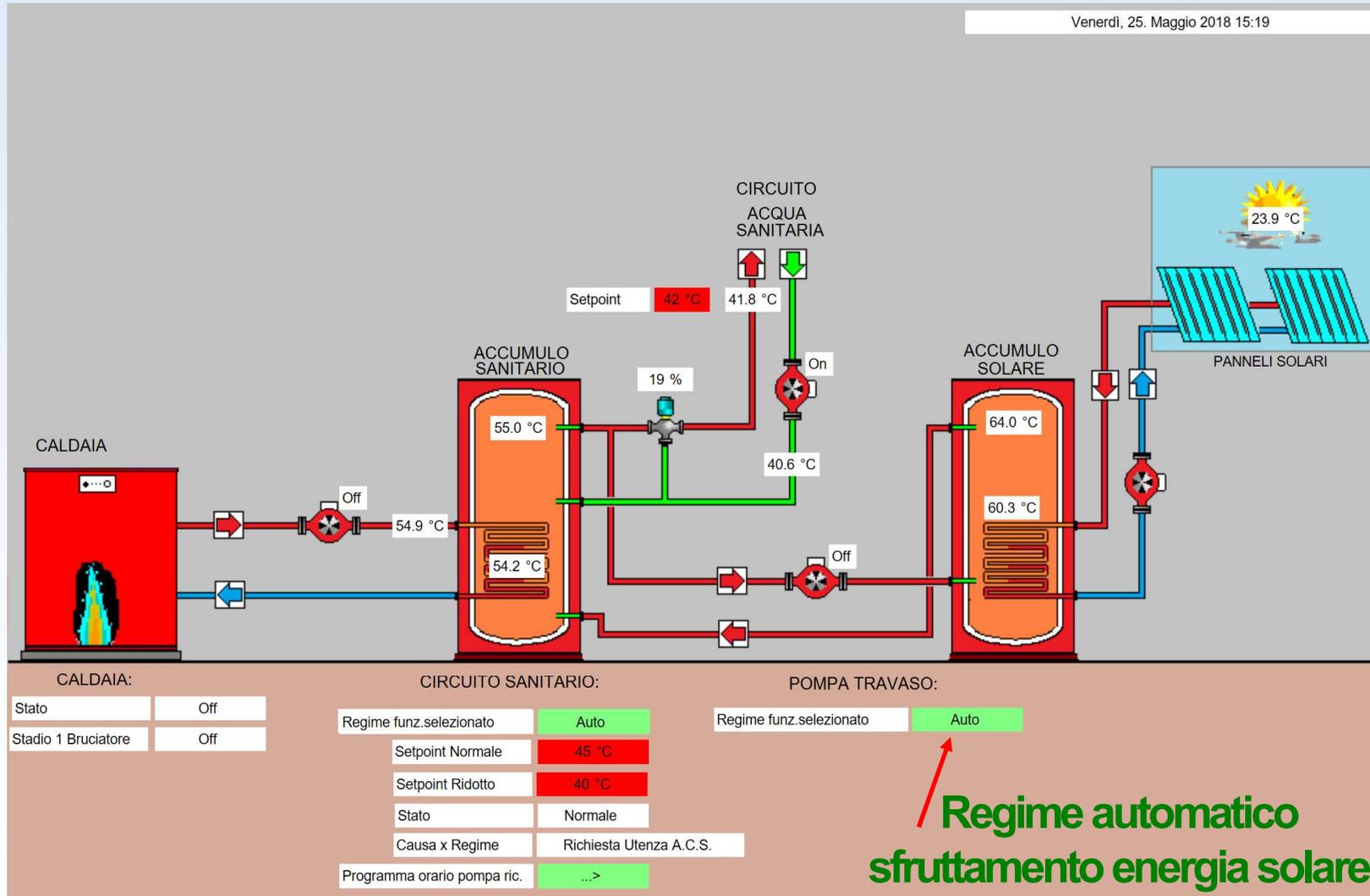


Esempio Applicativo BMS

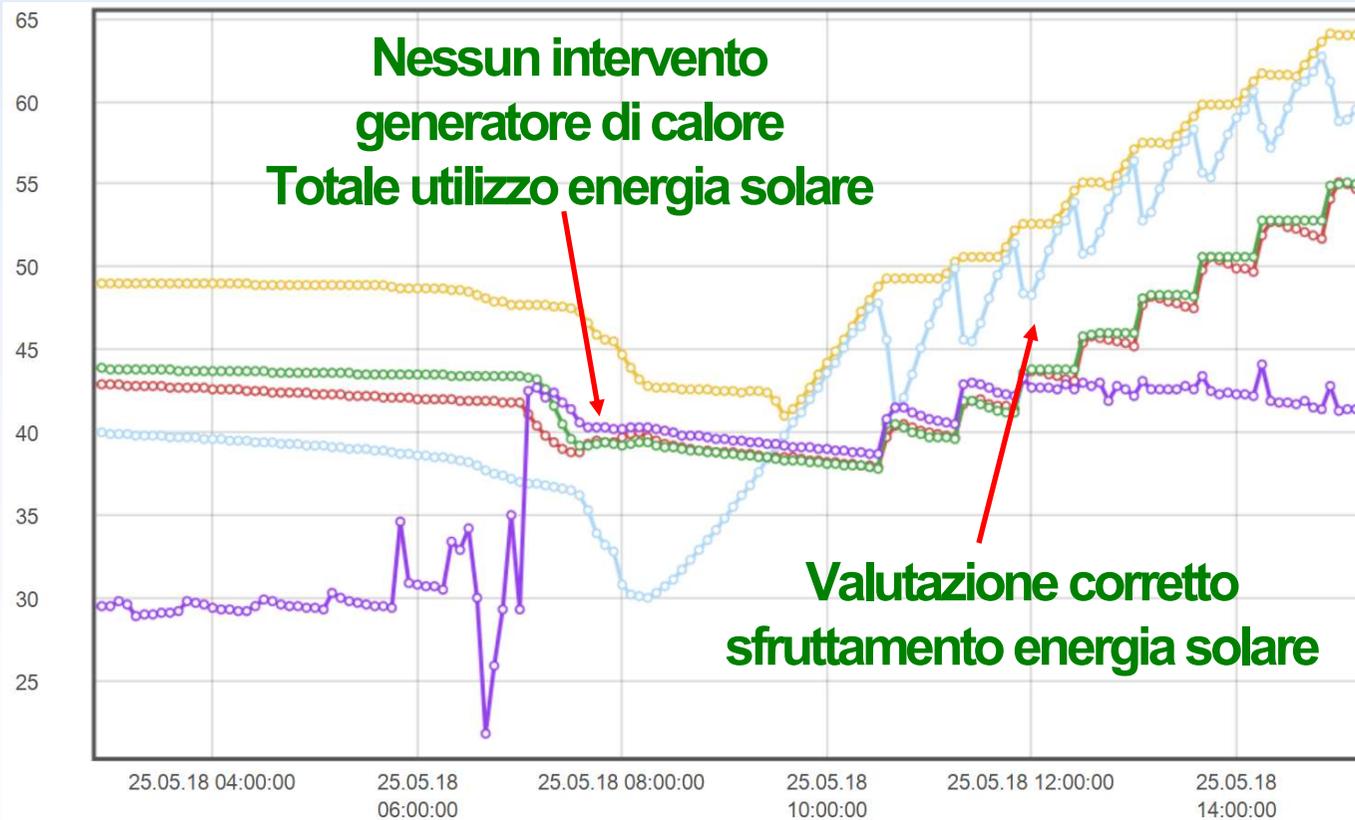


Esempio Applicativo BMS

Venerdì, 25. Maggio 2018 15:19

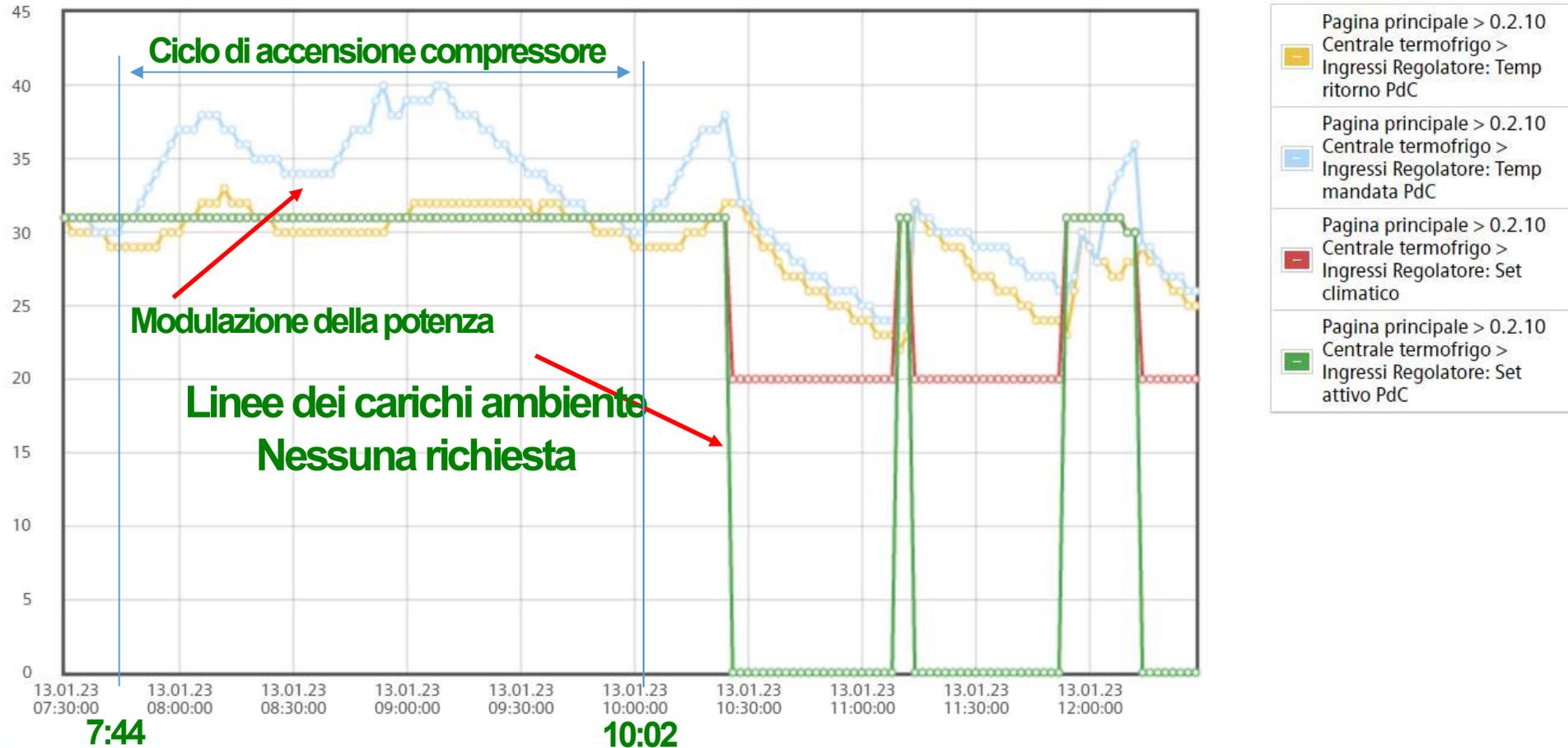


Esempio Applicativo BMS

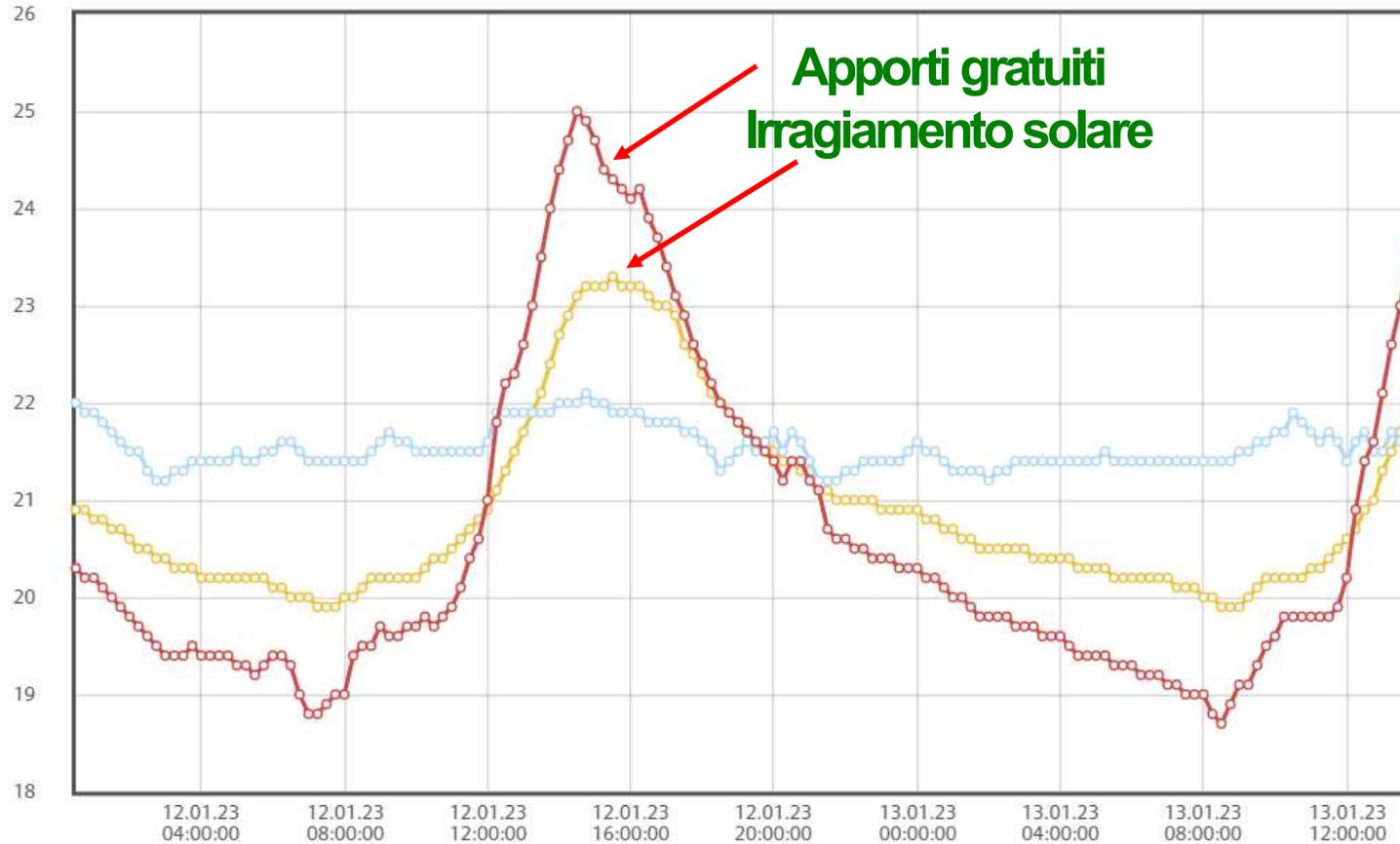


- Pagina principale > 0.2.3
 Circuito sanitario > Varie >
 Ingressi Regolatore: Temp acc
 solare
- Pagina principale > 0.2.3
 Circuito sanitario > Varie >
 Ingressi Regolatore: Temp
 contr travaso
- Pagina principale > 0.2.3
 Circuito sanitario > Circuito
 sanitario > Ingressi/SetPoints:
 Temp. Accum.(basso)
- Pagina principale > 0.2.3
 Circuito sanitario > Circuito
 sanitario > Ingressi/SetPoints:
 Temp. Accumulo (alto)
- Pagina principale > 0.2.3
 Circuito sanitario > Circuito
 sanitario > Ingressi/SetPoints:
 Temp.mand.utenza

Esempio Applicativo BMS



Esempio Applicativo BMS



- Pagina principale > 0.2.1
Sala collaboratori > Regolatore: Misura att.Temp. Ambiente
- Pagina principale > 0.2.3
Studio > Regolatore: Misura att.Temp. Ambiente
- Pagina principale > 0.2.4
Sala riunioni > Regolatore: Misura att.Temp. Ambiente



GRAZIE DELL'ATTENZIONE