

Soffitti radianti nelle degenze ospedaliere: valutazione delle condizioni di benessere termico e di igiene ambientale

Sante Mazzacane ⁽¹⁾, Paolo Valdiserri ⁽²⁾, Maddalena Coccagna ⁽¹⁾, Silvia Cesari ⁽¹⁾, Pasquale Romio ⁽³⁾

(1) Laboratorio Interdipartimentale CIAS – Centro Ricerche Inquinamento fisico chimico microbiologico Ambienti alta Sterilità – Dip. di Architettura, Dip. di Scienze Mediche – Università di Ferrara – www.cias-ferrara.it

(2) Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di Bologna

(3) Dipartimento Tecnico, Azienda USL Bologna, Direttore unità complessa progettazione e sviluppo impianti

Oggetto del lavoro sperimentale

- **Analisi prestazionali** di sistemi radianti a soffitto ed aria primaria per applicazioni in ambienti ospedalieri
- Valutazioni **energetiche** e di **comfort**
- Valutazioni relative all'**inquinamento ambientale microbiologico** rispetto a sistemi di climatizzazione tradizionale



CIAS

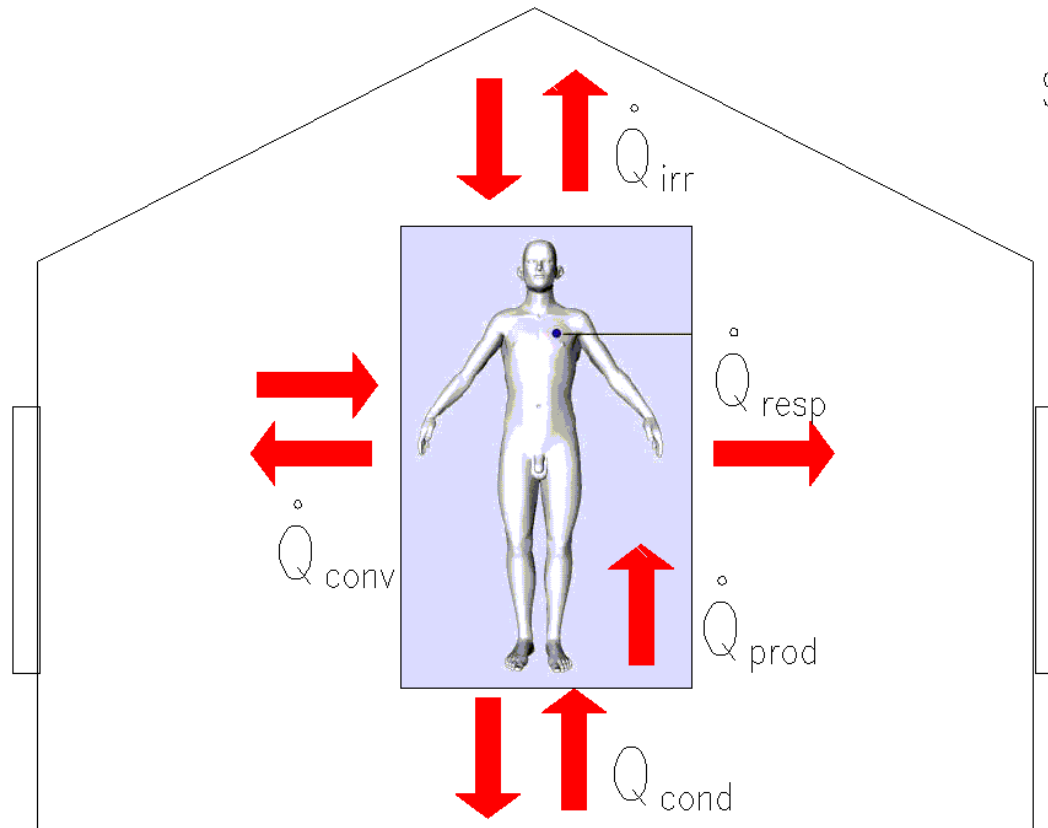
Centro ricerche Inquinamento ambienti Alta Sterilità
Dipartimento di Architettura, Università di Ferrara



DIN

Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di Bologna

BILANCIO ENERGETICO CORPO UMANO



BILANCIO ENERGETICO DEL CORPO UMANO

$$S = \dot{Q}_{prod} \pm \dot{Q}_{irr} \pm \dot{Q}_{conv} \pm \dot{Q}_{cond} - \dot{Q}_{resp}$$

\dot{Q}_{irr} potenza termica scambiata per irraggiamento

\dot{Q}_{conv} potenza termica scambiata per convezione

\dot{Q}_{cond} potenza termica scambiata per conduzione

\dot{Q}_{resp} potenza termica sens. e latente per respirazione ed evapotraspirazione

\dot{Q}_{prod} potenza termica prodotta dal metabolismo

S accumulo di energia termica nell'unità di tempo

Perdita per convezione

$$\begin{aligned} Q_{\text{conv}} &= A_{\text{corpo}} h_{\text{aria}} (T_{\text{sup corpo}} - T_{\text{aria}}) = \\ &= 1,6 \text{ m}^2 6 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C}) (30 \text{ }^\circ\text{C} - 22 \text{ }^\circ\text{C}) = \mathbf{76,8 \text{ W}} \end{aligned}$$

Perdita per irraggiamento

$$\begin{aligned} Q_{\text{irr}} &= A_{\text{corpo}} \sigma \varepsilon (T_{\text{sup corpo}}^4 - T_{\text{Media Radiante}}^4) = \\ &= 1,6 \text{ m}^2 5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^4) 0,95 [(30 + 273,15)^4 - (\mathbf{15 + 273,15})^4] = \mathbf{141 \text{ W}} \end{aligned}$$

NOTA: se $T_{\text{Media Radiante}} = \mathbf{15} \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow Q_{\text{irr}} = \mathbf{141 \text{ W}}$ se $T_{\text{Media Radiante}} = \mathbf{25} \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow Q_{\text{irr}} = \mathbf{41 \text{ W}}$

Metodologia di lavoro

1. Scelta del locale campione
2. Conduzione di campagne di monitoraggio dei valori di T ed UR nelle varie stagioni dell'anno
3. temperatura superficiale del soffitto radiante,
4. Temperatura delle superfici delle pareti e dell'aria primaria
5. Rilievi termografici
6. Conduzione di indagini di inquinamento microbiologico
7. Conclusioni

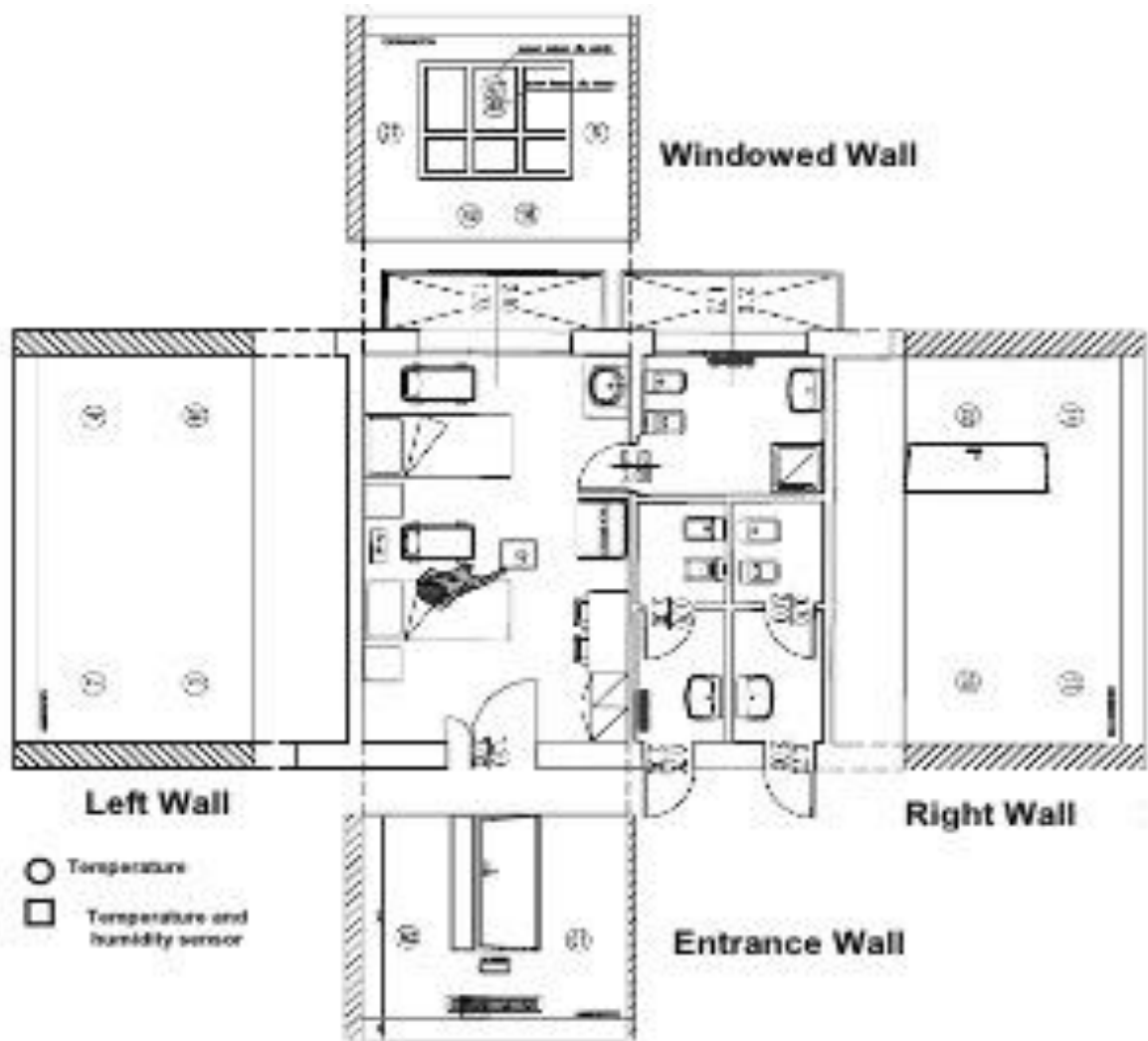
Scelta del locale campione

Reparto Maternità, Ospedale Maggiore, Bologna



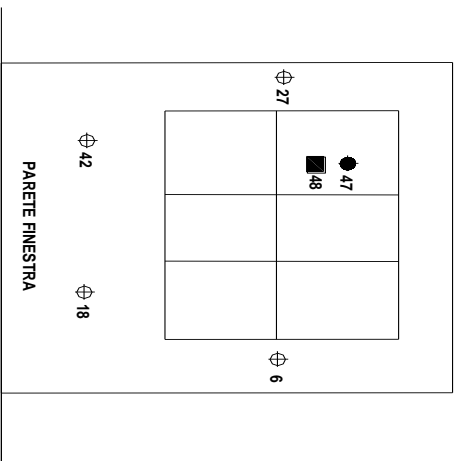
Scelta del locale campione

Reparto Maternità, Ospedale
Maggiore, Bologna

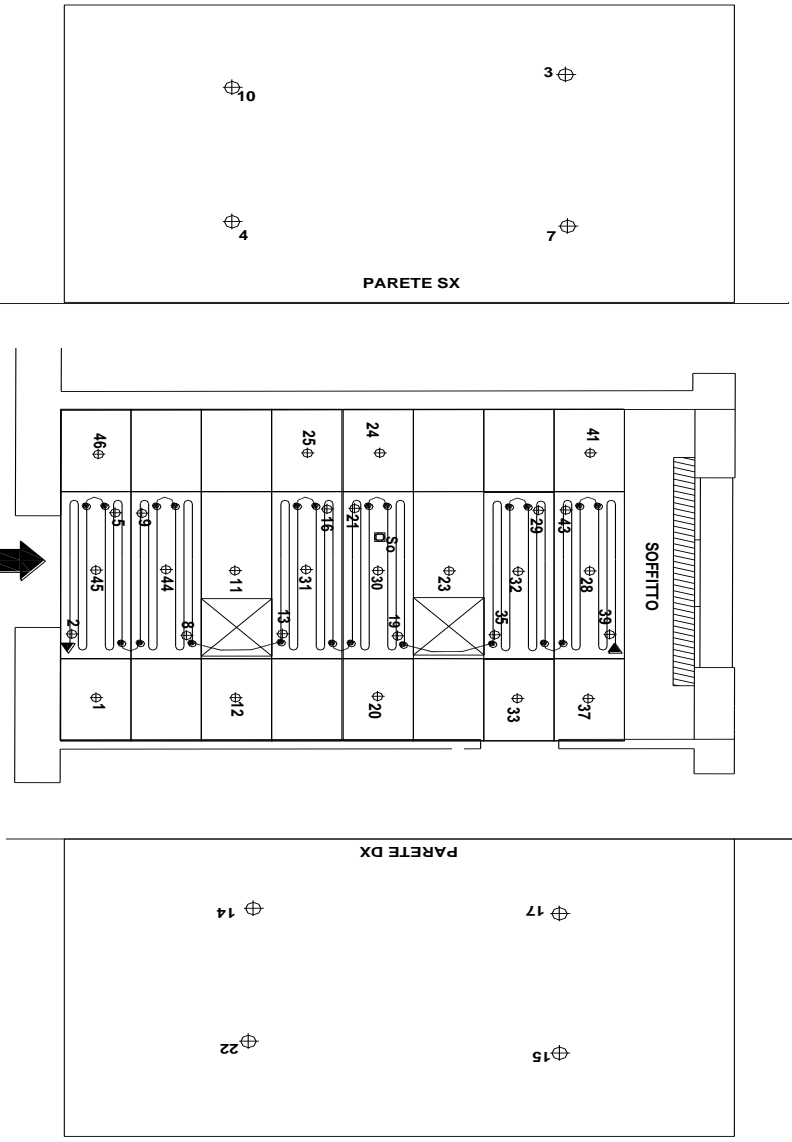


Pianta della stanza di degenza e posizionamento dei sensori

STANZA 15 - 1° PIANO MATERINITA' (EX STANZA 09)



- 48 bottone interno alla vetrata
 - 47 bottone esterno alla vetrata
- i bottoni sul vetro sono sovrapposti



- ⊕ N. bottone
- bottone sospeso a 10 cm dal soffitto

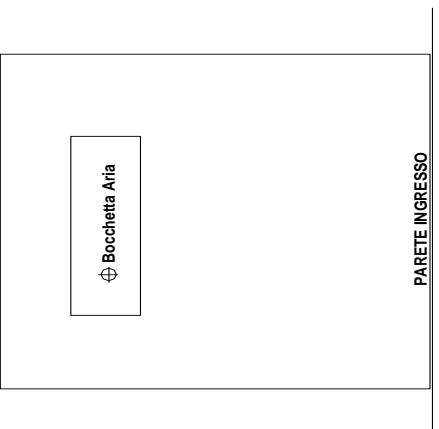
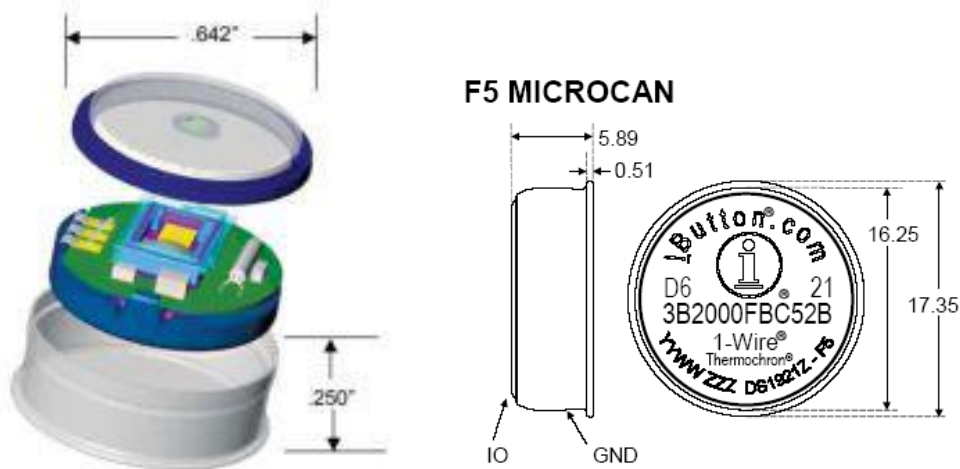


Foto dell'edificio della camera e particolari del pannello



Per la misura delle temperature superficiali sono stati utilizzati dei sensori/registratori di temperatura e di umidità relativa (iButton®) della Dallas Semiconductors



Per la misura delle potenze termofrigorifere erogate dall'impianto è stata utilizzata una apparecchiatura ICM ad ultrasuoni modello ADM 6725 portatile

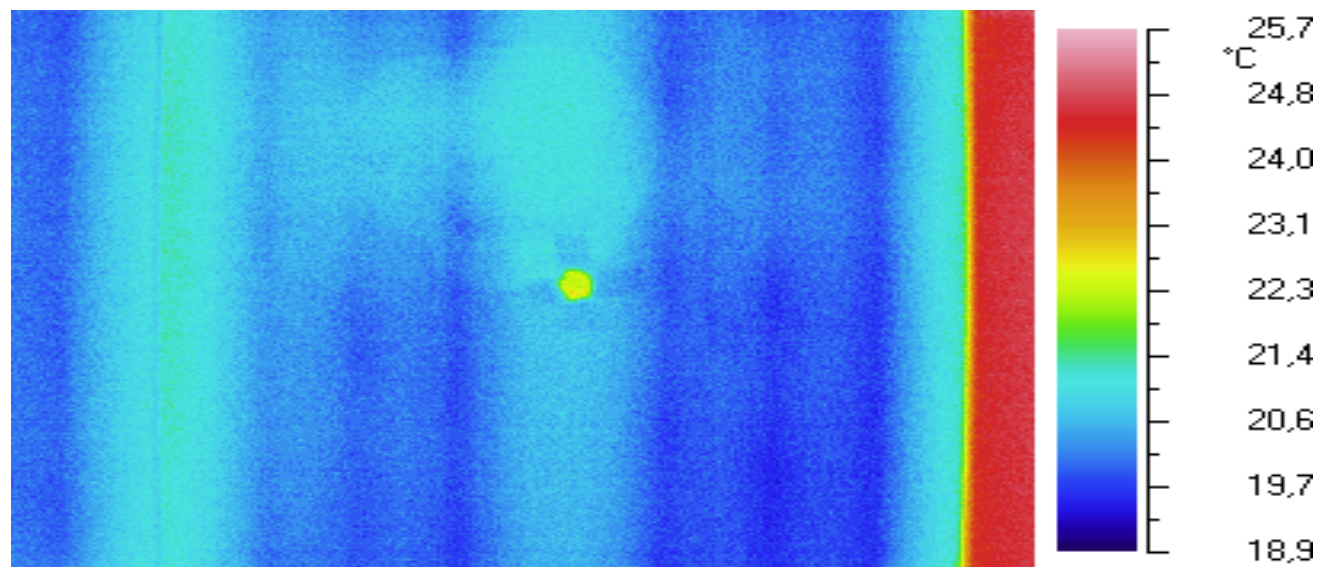




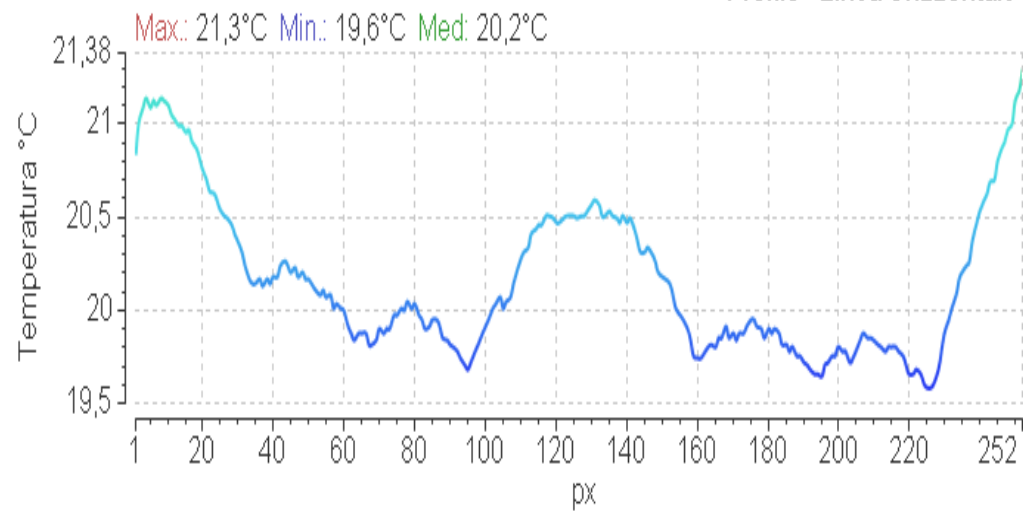
Misura del comfort ambientale mediante Babuc-A
composto da:

1. un acquisitore-elaboratore
2. sonda psicrometrica per la misura della temperatura di bulbo secco (T_{bs}) e della temperatura di bulbo umido (T_{um})
3. una sonda globotermometrica per la misura della temperatura media radiante (T_{mr})
4. una sonda anemometrica per la misura della velocità dell'aria (V_a).

Distribuzione temperatura nei pannelli



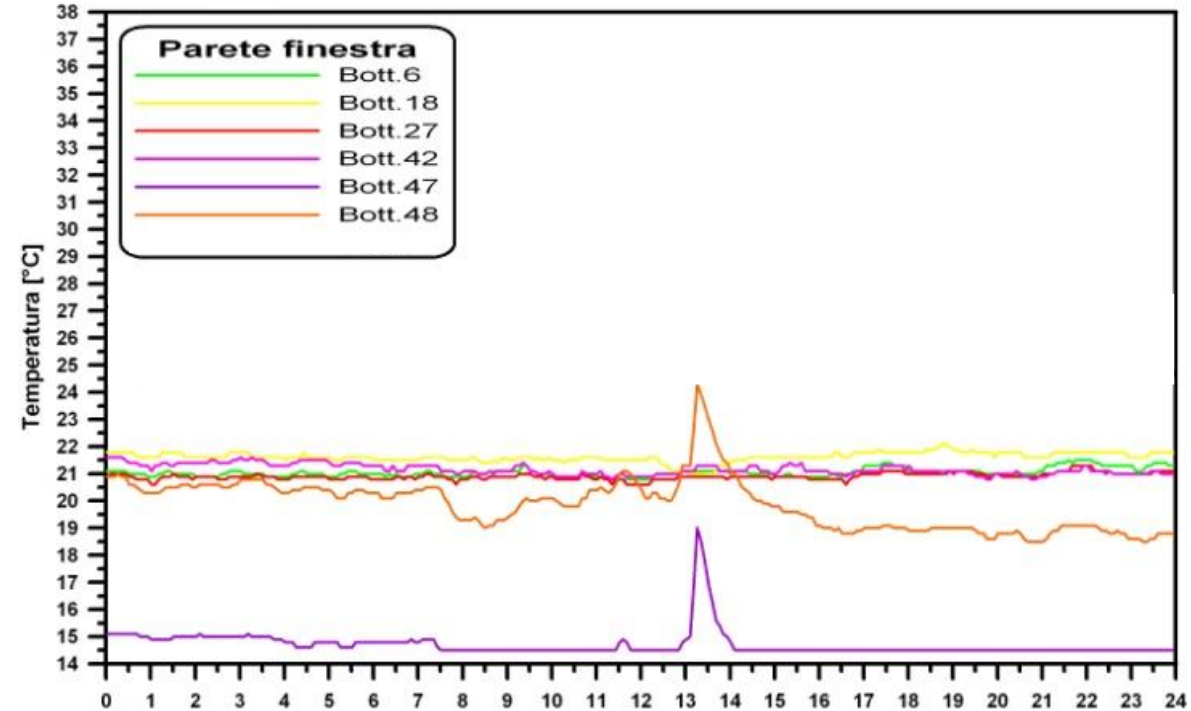
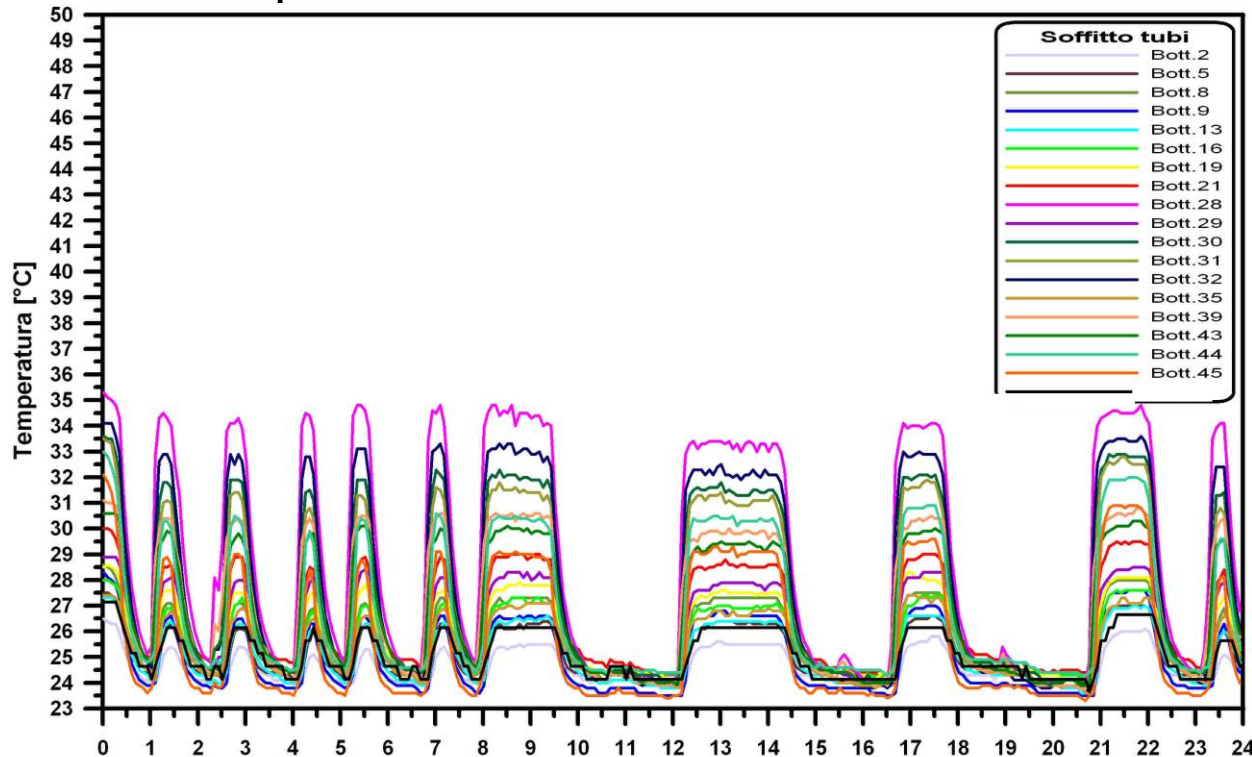
Profilo - Linea Orizzontale 1



Rilievo invernale

Temp. esterna: min. 3°C (65-70% U.R.), mas. 7°C (50-55% U.R.)

Giornata prevalentemente nuvolosa



Temperatura interna: min. 24,5-26°C UR 50%

Pannelli attivi: 27-34°C, Pannelli passivi: 24-25,5°C

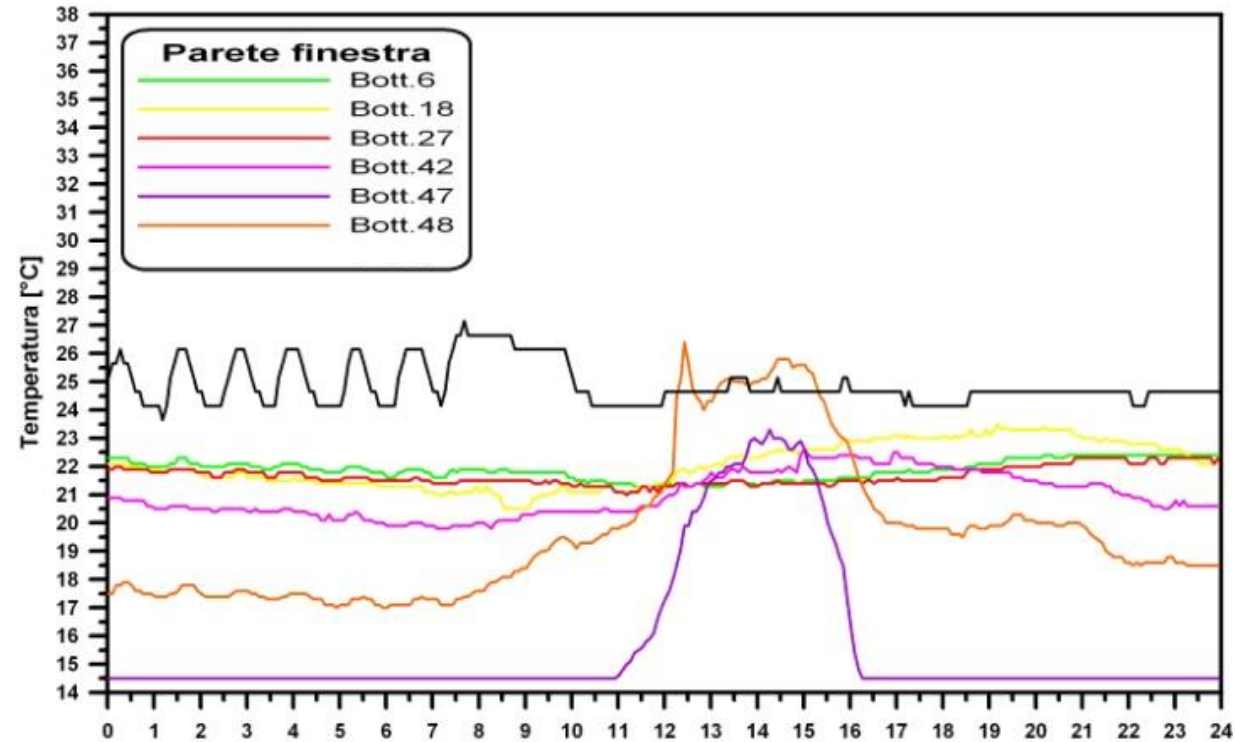
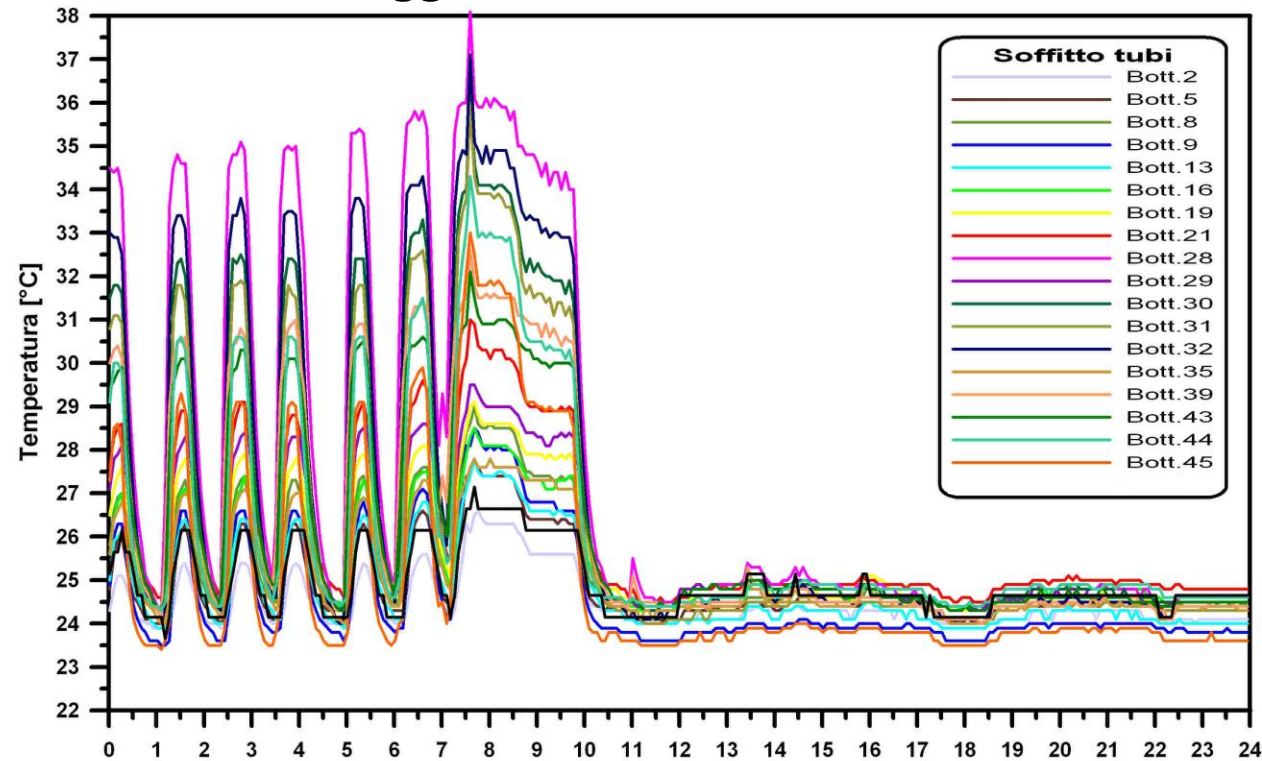
Finestra: 19-23°C, Pareti laterali: 23,5-25°C

Aria primaria: 23°C UR 45%

Rilievo invernale

Temp. esterna: min. 0°C (85-90% U.R.), mas. 9°C (55-60% U.R.)

Giornata soleggiata



Temperatura interna: min. 24-26°C

Pannelli attivi: 26-38°C, Pannelli passivi: 24-26.5°C

Finestra: 17-26°C, Pareti laterali: 23.5-26°C

Aria primaria: 23°C

Tabella E-1.1 - Scala ASHRAE a 7 valori.

voto	sensazione
+3	molto caldo
+2	caldo
+1	leggermente caldo
0	né caldo né freddo
-1	leggermente freddo
-2	freddo
-3	molto freddo

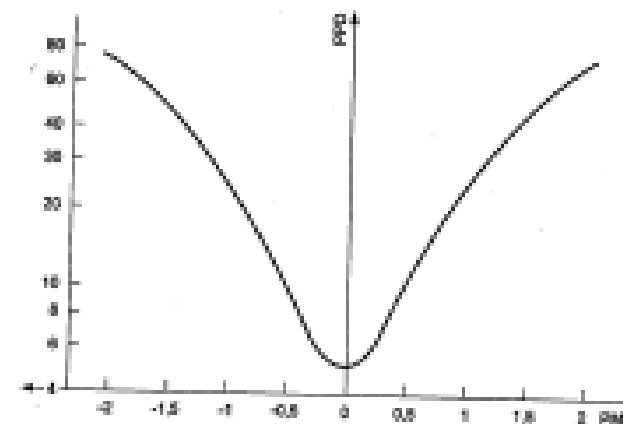


Figura E-1.2 - Relazione *PMV-PPD*. Da (UNI, 2006).

- ✓ Temp. di mandata dell'acqua ai pannelli: 38-39°C; $\Delta T=9-10^{\circ}\text{C}$
- ✓ Potenza media erogata: 550-650 W (sup. pannelli attivi 6,5 m²)

Valutazione del benessere termico

- energia metabolica: 1 met
- resistenza termica dell'abbigliamento: 0,8 clo

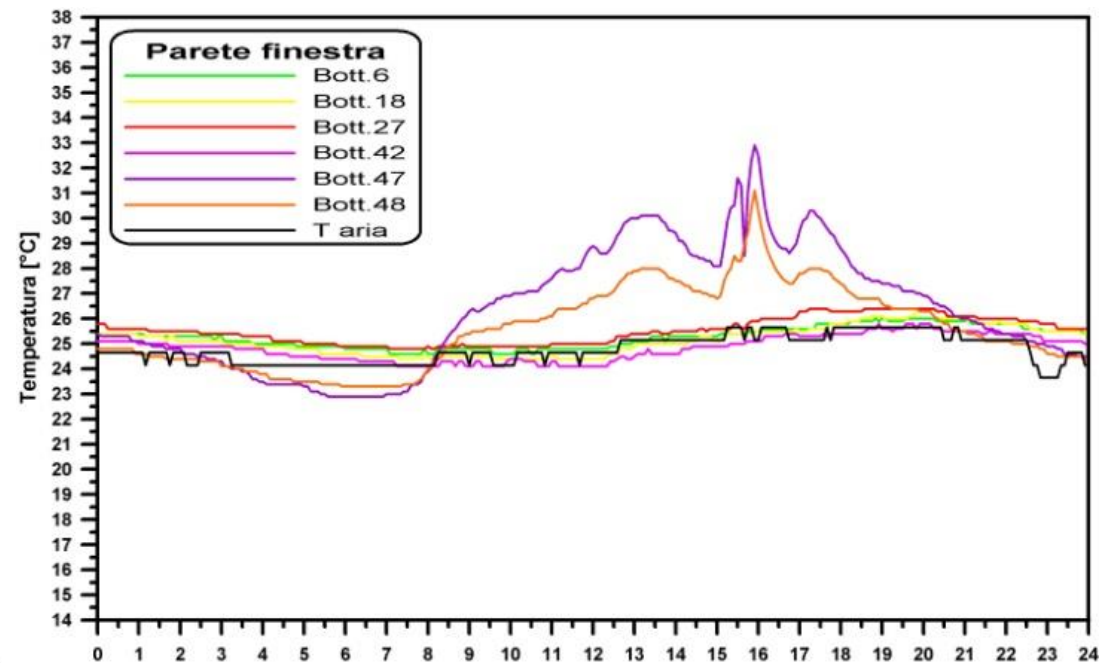
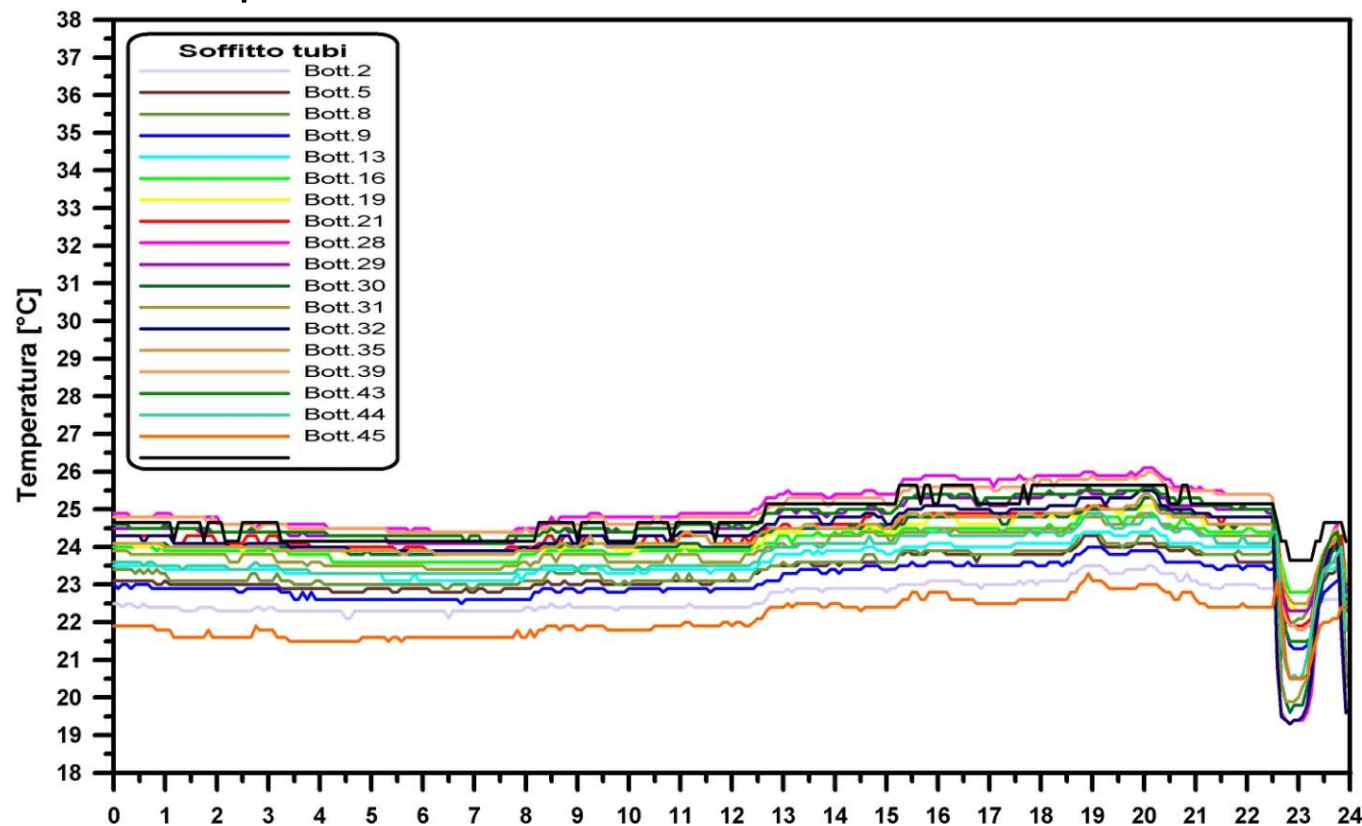
- durante il funzionamento dei pannelli:
PMV = 0.18 - PPD = 5.6 %

- a pannelli inattivi:
PMV = - 0.17 - PPD = 5.7 %

Rilievo estivo

Temp. esterna: min. 19°C (60-65% U.R.), mas. 31°C (40-45% U.R.)

Giornata parzialmente nuvolosa



Temperatura interna: min. 24.5-25.5°C (50-55% U.R.)

Pannelli attivi: 22-24.5°C, Pannelli passivi: 23-24.5°C

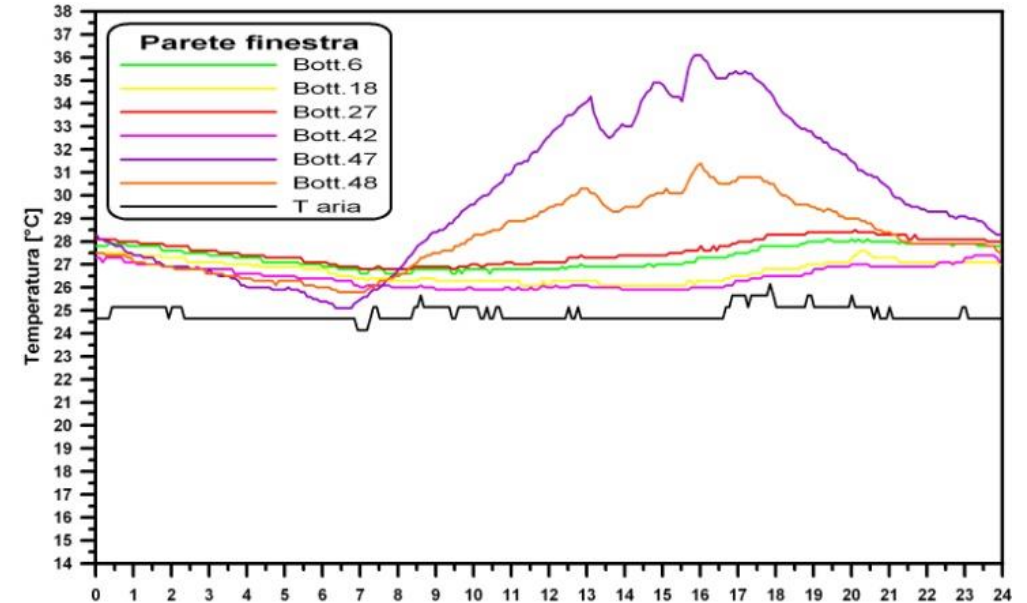
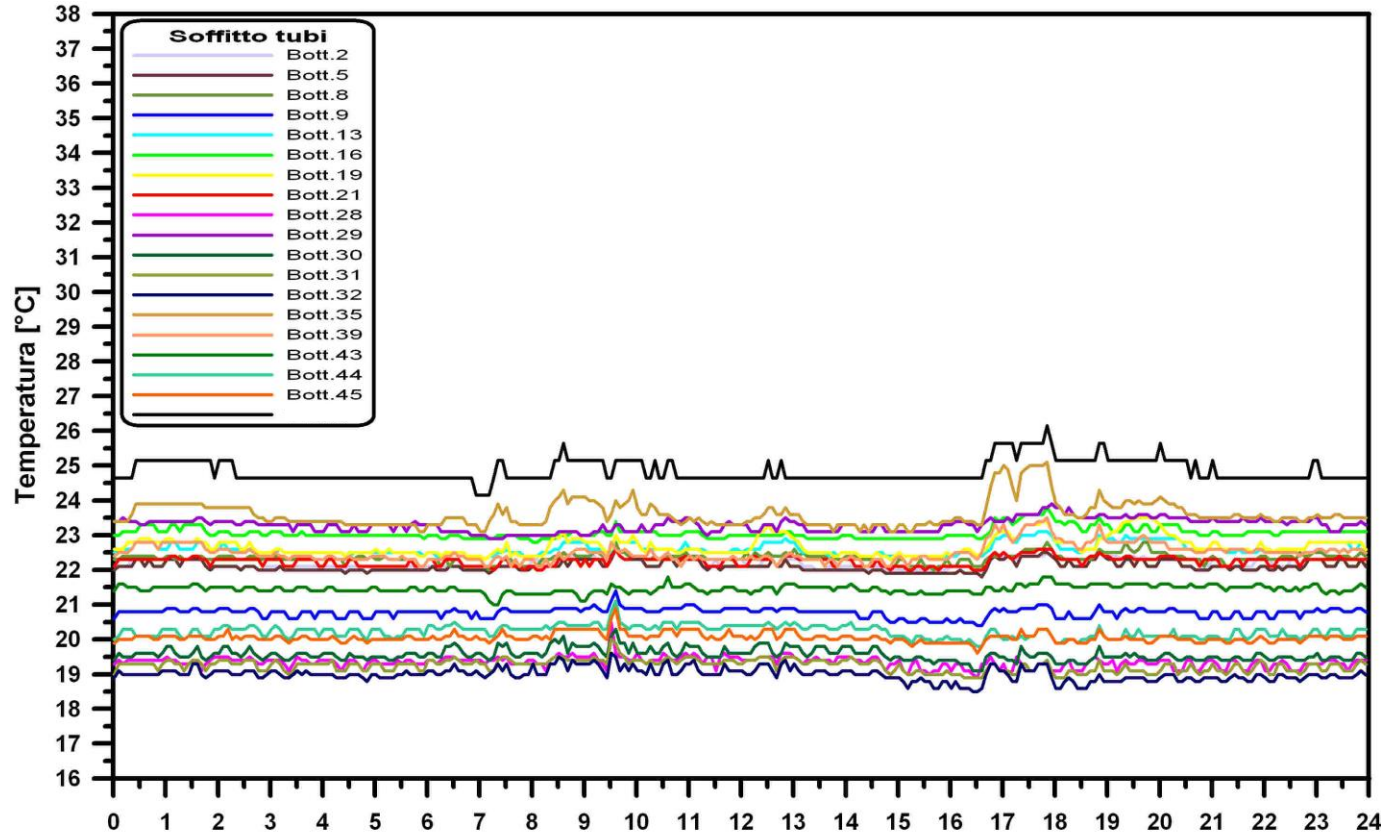
Finestra: 23-31°C, Pareti laterali: 23.5-25°C

Aria primaria: 22.5°C (60% U.R.)

Rilievo estivo

Temp. esterna: min. 22°C (45-50% U.R.), mas. 37°C (20-25% U.R.)

Giornata soleggiata



Temperatura interna: min. 24.5-25.5°C (50-55% U.R.)

Pannelli attivi: 19-24°C, Pannelli passivi: 24-25.5°C

Finestra: 26-31°C, Pareti laterali: 24.5-26.5°C

Aria primaria: 24°C (50% U.R.)

- ✓Temp. di mandata dell'acqua ai pannelli: 16-17°C; $\Delta T=2-3^{\circ}\text{C}$
- ✓Potenza media erogata: 450-500 W (sup. pannelli attivi 6,5 m²)

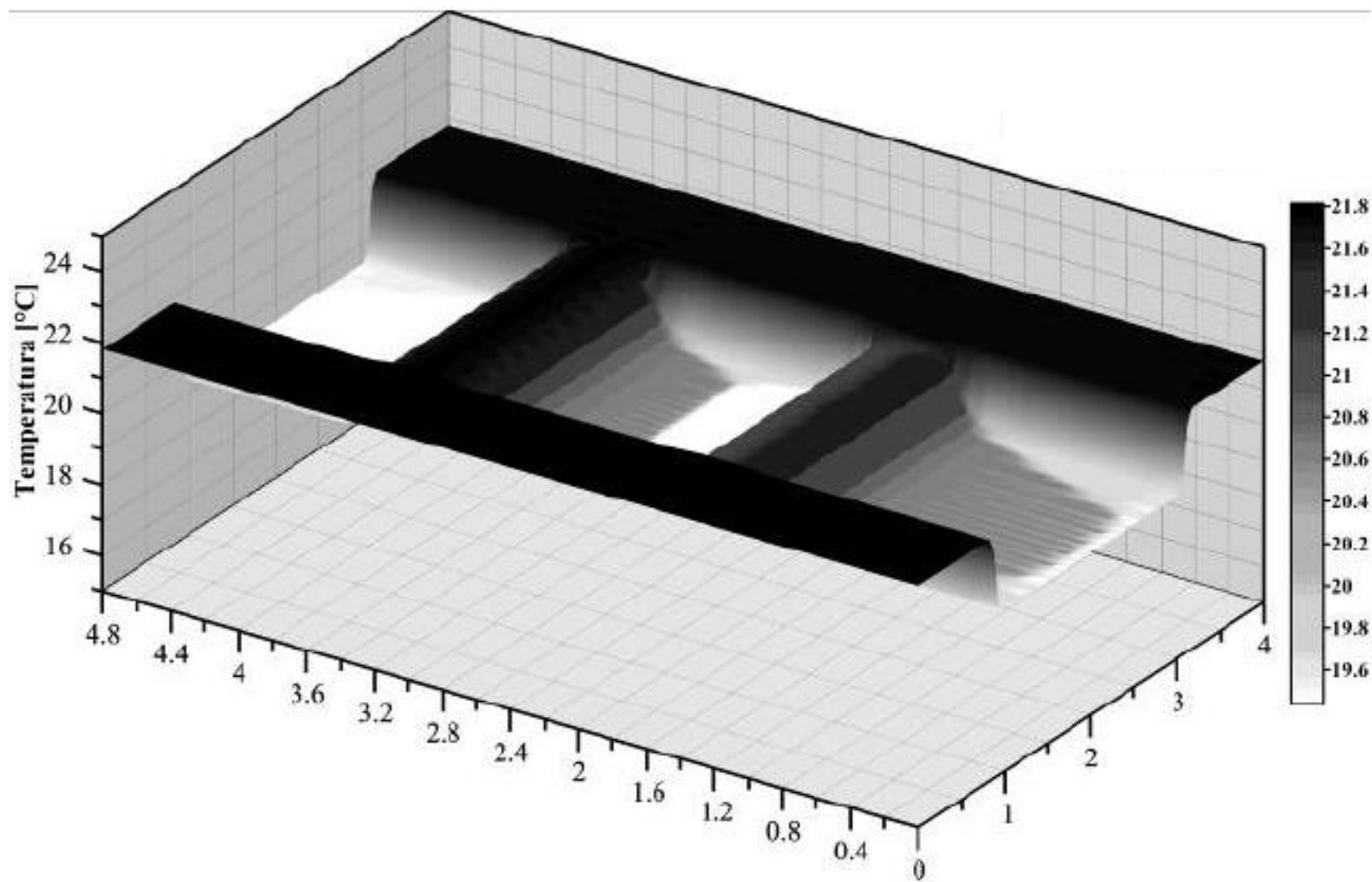
Valutazione del benessere termico

- energia metabolica: 1 met
- resistenza termica dell'abbigliamento: 0,8 clo

- durante il funzionamento dei pannelli (giornata molto calda con bassa umidità relativa):
PMV = 0.15 - PPD = 5.5 %

- a pannelli inattivi (giornata non eccessivamente calda):
PMV = 0.22 - PPD = 6.0 %

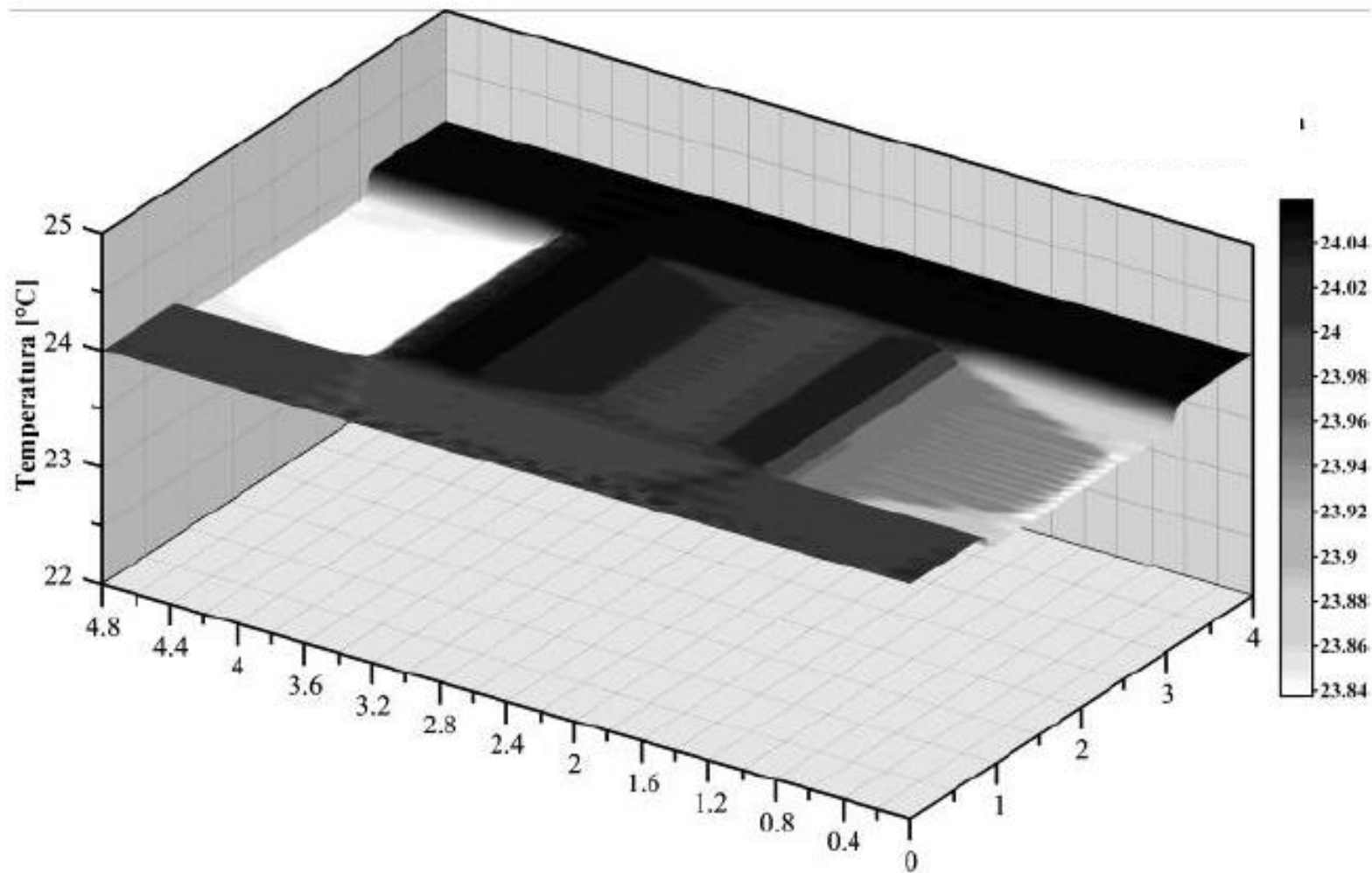
Vantaggi dell'impianto a pannelli



Luglio

distribuzione di T a soffitto
impianto ON

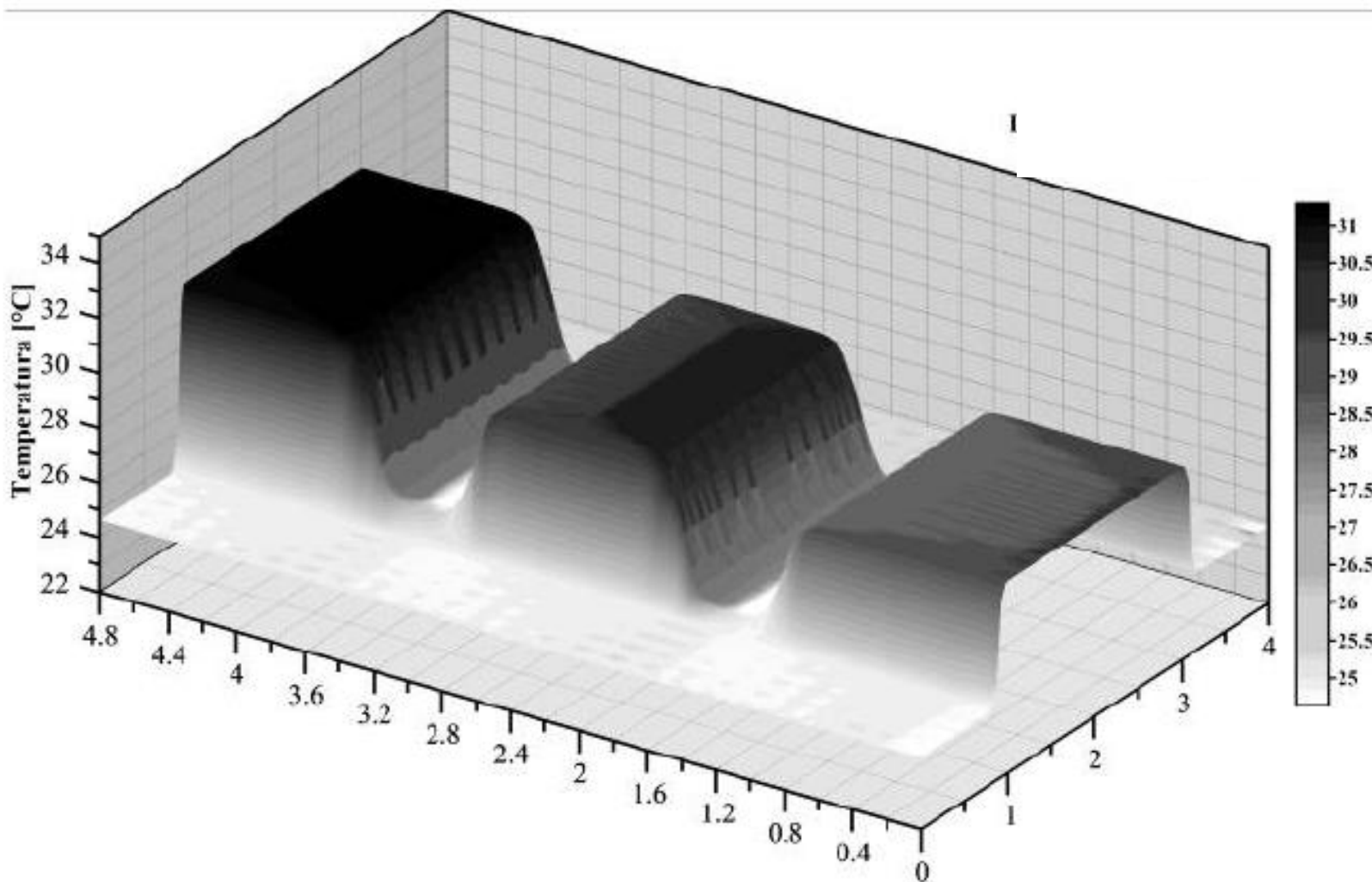
Vantaggi dell'impianto a pannelli



Luglio

distribuzione di T a soffitto
impianto OFF

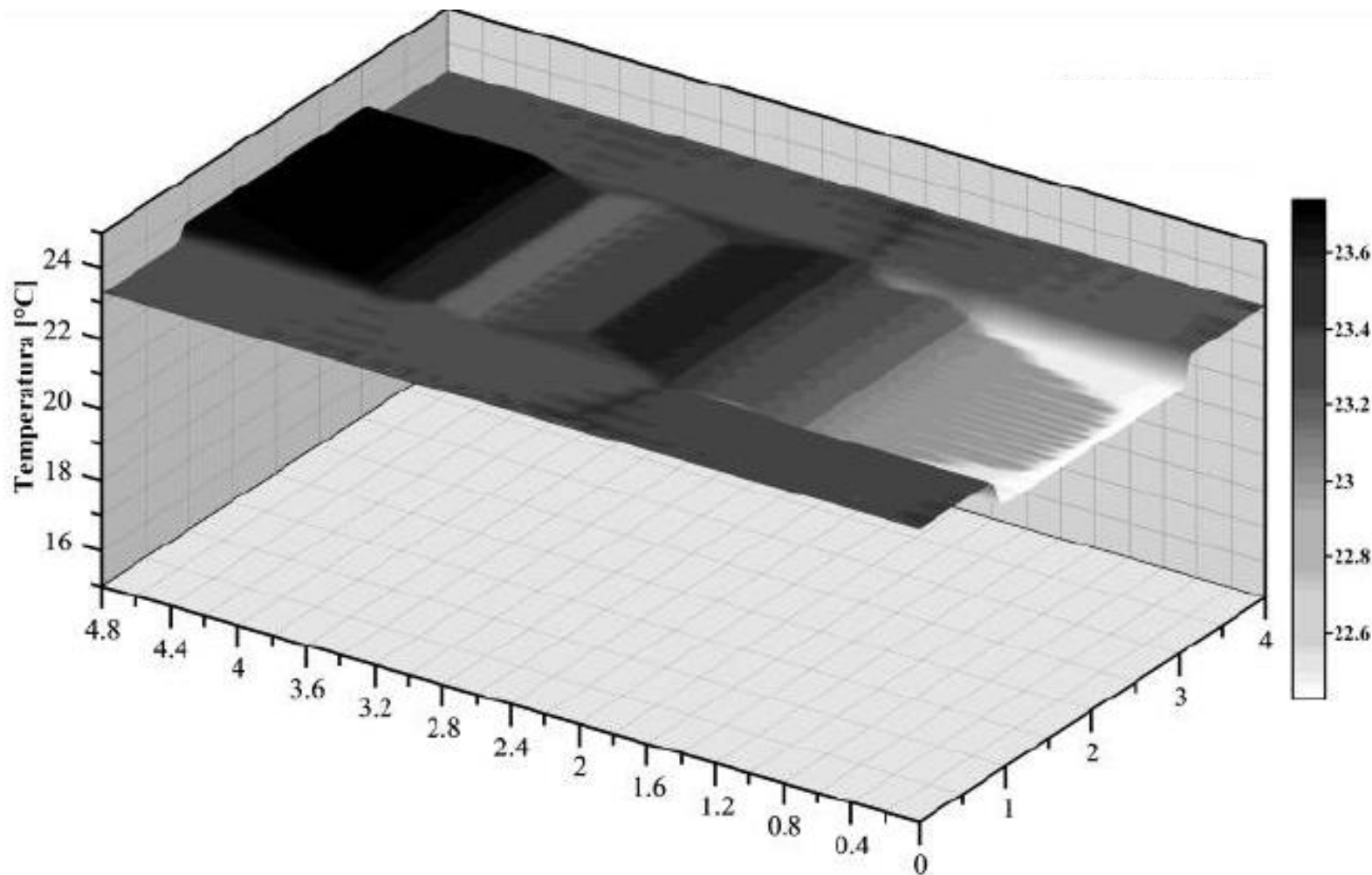
Vantaggi dell'impianto a pannelli



Novembre

distribuzione di T a soffitto
impianto ON

Vantaggi dell'impianto a pannelli



Novembre

distribuzione di T a soffitto
impianto OFF

- ▶ L'aria primaria può essere immessa nelle quantità minime richieste e a temperature costanti nella giornata;
- ▶ Riduzione moti convettivi con conseguente riduzione di polveri sospese ed inquinanti;

PERIODO INVERNALE

- ▶ Aumento della TMR. Le pareti laterali e il pavimento si portano a una T che non si discosta molto da quella dell'aria ambiente. Ne consegue una minore percentuale di insoddisfatti;
- ▶ Mandata dell'acqua ai pannelli a bassa T con conseguente risparmio energetico;

PERIODO ESTIVO

- ▶ Diminuzione della TMR. Diminuzione degli effetti dovuti dall'irraggiamento sulle pareti interne. Ne consegue una minore percentuale di insoddisfatti;
- ▶ Mandata dell'acqua ai pannelli a T superiore a quella di mandata alle batterie dell'UTA, con conseguente aumento del COP dei gruppi frigoriferi e notevole risparmio energetico;
Aumento della T di mandata dell'aria primaria con conseguente risparmio energetico e minore percentuale di insoddisfatti.

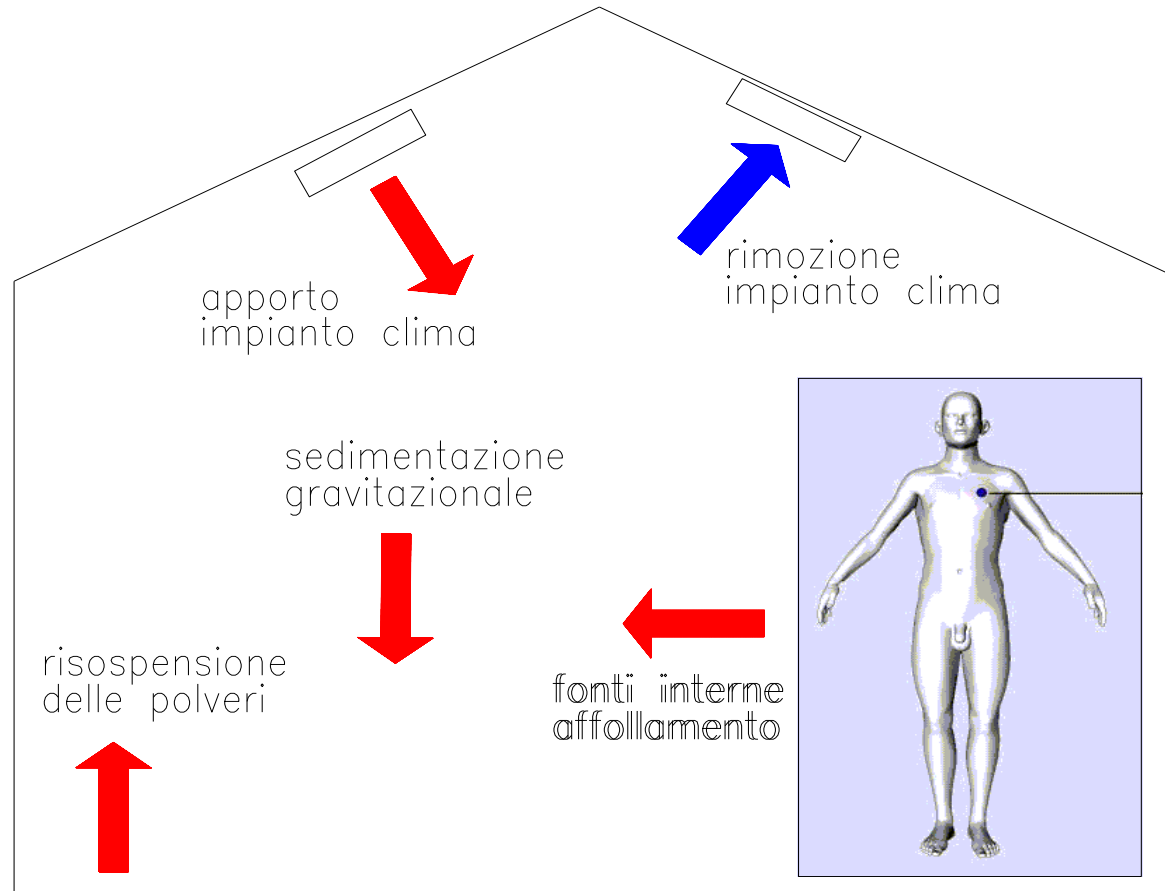
Controlli microbiologici

Obiettivo

valutare il livello di contaminazione aerea in un ambiente ospedaliero di degenza con impianto di condizionamento



Meccanismi di contaminazione di un ambiente



MODALITA' DI INQUINAMENTO DELL'AMBIENTE

Campionamento Attivo Microbiologico



- ✓ Strumentazione utilizzata:
Surface Air Sampler (SAS-PBI International).
- ✓ Sulla piastra Rodac (55 mm) viene inviata una portata fissa d'aria di 1000 mc.
- ✓ Il SAS è stato posizionato a centro stanza ad 1 m di altezza

Campionamento Attivo Microbiologico

Ospedale	Tipo climatizzazione	CFU/m3 di aria
Maggiore	climatizzazione a pannelli radianti ed aria primaria	109
Altro	climatizzazione a radiatori/fan coil ed aria primaria	254

- ▶ I gruppi microbici maggiormente diffusi sono derivati soprattutto dalle persone, quali *Staphylococcus spp.*, *Staphylococcus aureus* e *Staphylococcus epidermidis* e da specie microbiche normalmente presenti nell'aria ambientale, quali batteri sporigeni aerobi non patogeni e lieviti e muffe, quali *Aspergillus spp.* e *Penicilium spp.*
- ▶ Su altre degenze climatizzate con aria primaria e radiatori/fan coil vi è una presenza doppia/tripla di sporigeni e miceti, correlati alle polveri.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



[Clicca qui](#) per inviare una mail di richiesta informazioni o fissare un appuntamento

