

ARCHINGEGNO

architettura
&
ingegneria

**PROGETTO
ESECUTIVO**

**ELABORATO
MEC-03**

**RELAZIONE
VALUTAZIONE COMFORT
TERMO IGROMETRICO
LOCALI**



**COMUNE DI SANDRIGO
PROVINCIA DI VICENZA**

**REALIZZAZIONE NUOVO
CENTRO POLIFUNZIONALE
SCOLASTICO, SPORTIVO E
RICREATIVO
SECONDO STRALCIO**

PROGETTO:

ING. DAVIDE GONZATO

via Legione Antonini, 135/C

36100 Vicenza (VI)

Tel.- Fax. 0444.541869

e-mail: davide.archingegno@gmail.com

PROGETTO IMPIANTI:

ING. DANIELE NARDOTTO

COMMITTENTE

COMUNE DI SANDRIGO

RESPONSABILE UNICO PROCEDIMENTO

GEOM. GIUSEPPE RENIERO

DATA: 31.10.2018

INDICE

PREMESSA.....	2
Normativa di riferimento	2
Applicazione delle norme al progetto.....	2
Criteri utilizzati per le scelte progettuali	2
Procedure di calcolo.....	3
Simboli e abbreviazioni	3
Valutazione globale: determinazione del PMV e del PPD.....	3
Valutazione dei Discomfort locali	4
Categorie ambiente secondo UNI EN ISO 7730 e UNI EN 15251	5
VALUTAZIONE COMFORT DEGLI AMBIENTI TERMICI.....	6
Descrizione intervento	6
Ambiente termico: "PALESTRA"	7
Valutazione globale "Valutazione globale estiva"	7
Scambio calore tra corpo umano e ambiente	9
Valutazione discomfort locali.....	10
Valutazione globale "Valutazione globale invernale"	12
Scambio calore tra corpo umano e ambiente	14
Valutazione discomfort locali.....	15
Categoria ambiente termico: "PALESTRA"	17
Ambiente termico: "SPOGLIATOI/SERVIZI/INFERMERIA"	18
Valutazione globale "Valutazione globale estiva"	18
Scambio calore tra corpo umano e ambiente	20
Valutazione discomfort locali.....	21
Valutazione globale "Valutazione globale invernale"	23
Scambio calore tra corpo umano e ambiente	25
Valutazione discomfort locali.....	26
Categoria ambiente termico: "SPOGLIATOI/SERVIZI/INFERMERIA"	28
CATEGORIA COMPLESSIVA FABBRICATO	29

PREMESSA

Normativa di riferimento

Il progetto deve rispettare le prescrizioni contenute nelle seguenti norme di riferimento, comprese eventuali varianti, aggiornamenti ed estensioni emanate successivamente dagli organismi di normazione citati.

D. M. 11/10/2017	Adozione dei criteri ambientali minimi per gli arredi per interni, per l'edilizia e per i prodotti tessili (CAM).
UNI EN ISO 7730	Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale.
D. M. 26/06/2015	Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici.
UNI EN 13788	Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e la condensazione interstiziale - Metodi di calcolo.
UNI EN 15251	Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica.

Applicazione delle norme al progetto

Ai sensi dei CAM:

- "Al fine di assicurare le condizioni ottimali di benessere termo-igrometrico e di qualità dell'aria interna bisogna garantire condizioni conformi almeno alla classe B secondo la norma ISO 7730:2005 in termini di PMV (Voto Medio Previsto) e di PPD (Percentuale Prevista di Insoddisfatti). Inoltre bisogna garantire la conformità ai requisiti previsti nella norma UNI EN 13788 ai sensi del DM 26 giugno 2015 anche in riferimento a tutti i ponti termici sia per edifici nuovi che per edifici esistenti".

Criteri utilizzati per le scelte progettuali

In applicazione delle leggi sopra citate, il presente progetto comprende la valutazione del comfort termoigrometrico globale in termini di PMV e PPD.

Simboli e abbreviazioni

Simbolo	Descrizione	Unità di misura
PMV	Voto Medio Previsto	-
PPD	Percentuale Prevista Insoddisfatti	%
M	Metabolismo energetico	W/m ² oppure met
W	Potenza meccanica efficace	W/m ² oppure met
I_{cl}	Isolamento termico dell'abbigliamento	m ² ·K/W oppure clo
f_{cl}	Coefficiente di area dell'abbigliamento	m ² ·K/W
t_a	Temperatura dell'aria	°C
t_r	Temperatura media radiante	°C
v_{ar}	Velocità relativa dell'aria	m/s
U_r	Umidità relativa	%
p_a	Pressione parziale del vapore d'acqua	Pa
h_c	Coefficiente di scambio termico convettivo	W/m ² ·K
t_{cl}	Temperatura superficiale dell'abbigliamento	°C
h_r	Coefficiente di scambio termico radiante	W/m ² ·K
t_o	Temperatura operativa	°C
DR	Rischio correnti d'aria - Percentuale di insoddisfatti	%
$t_{a,l}$	Temperatura locale dell'aria	°C
$v_{a,l}$	Velocità media locale dell'aria	m/s
Tu	Intensità locale di turbolenza	%
PD	Percentuale insoddisfatti	%
$\Delta T_{a,v}$	Differenza verticale della temperatura dell'aria	°C
T_f	Temperatura pavimento	°C
ΔT_{pr}	Asimmetria radiante	°C

Valutazione globale: determinazione del PMV e del PPD

Per la determinazione del comfort globale del corpo umano si calcolano PMV e PPD in base al modello di Fanger su cui si basa la UNI EN ISO 7730.

Il PMV prevede il valore medio dei voti sulla sensazione di comfort dati da un gran numero di soggetti per un certo ambiente e si calcola attraverso le equazioni seguenti.

$$PMV = [0,303 \times \exp(-0,036 \times M) + 0,028] \times$$

$$\left\{ \begin{aligned} & (M - W) - \left[3,05 \times 10^{-3} \times [5\,733 - 6,99 \times (M - W) - p_a] \right] - 0,42 \times [(M - W) - 58,15] \\ & - \left[1,7 \times 10^{-5} \times M \times (5\,867 - p_a) \right] - 0,0014 \times M \times (34 - t_a) \\ & - \left[3,96 \times 10^{-8} \times f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] \right] - f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_a) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$t_{cl} = 35,7 - 0,028 \times (M - W) -$$

$$- I_{cl} \times \{ 3,96 \times 10^{-8} \times f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] \times f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_a) \} \quad (2)$$

$$h_c = \begin{cases} 2,38 \times |t_{cl} - t_a|^{0,25} & \text{per } 2,38 \times |t_{cl} - t_a|^{0,25} > 12,1 \times \sqrt{v_{ar}} \\ 12,1 \times \sqrt{v_{ar}} & \text{per } 2,38 \times |t_{cl} - t_a|^{0,25} < 12,1 \times \sqrt{v_{ar}} \end{cases} \quad (3)$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1,00 + 1,290 I_{cl} & \text{per } I_{cl} \leq 0,078 \, \text{m}^2 \times \text{K/W} \\ 1,05 + 0,645 I_{cl} & \text{per } I_{cl} > 0,078 \, \text{m}^2 \times \text{K/W} \end{cases} \quad (4)$$

Per il calcolo di t_{cl} e h_c , che sono variabili dipendenti l'una dall'altra, si utilizza un algoritmo iterativo che si ferma quando trova una condizione di equilibrio/convergenza sul valore di t_{cl} .

L'equazione (1) rappresenta il bilancio termico tra corpo umano e ambiente: alla potenza generata dall'attività metabolica (M) vengono sottratte le varie componenti disperse dal corpo umano: potenza meccanica per lavoro (W), potenza termica dispersa per sudorazione e traspirazione **a)** e **b)**, potenza termica dispersa nella respirazione **c)** e **d)**, potenza termica scambiata per irraggiamento **e)**, potenza scambiata per convezione **f)**.

La pressione parziale del vapore d'acqua è ricavata a partire dall'umidità relativa (U_r) e dalla t_a :

$$p_a = U_r \times 10 \times \exp(16,6536 - 4030,183 / (t_a + 235))$$

La temperatura operativa (t_o) è ottenuta dalla seguente:

$$t_o = (h_r \times t_r + h_c \times t_a) / (h_r + h_c)$$

Il PPD dipende direttamente dal PMV e prevede la percentuale degli insoddisfatti per l'ambiente considerato:

$$PPD = 100 - 95 \times \exp(-0,03353 \times PMV^4 - 0,2179 \times PMV^2) \quad (5)$$

Valutazione dei Discomfort locali

Per la previsione dei discomfort locali la UNI EN ISO 7730 considera i seguenti casi: correnti d'aria, differenza verticale della temperatura dell'aria, pavimenti caldi freddi, asimmetria radiante.

Per calcolare la percentuale di insoddisfatti si utilizzano le seguenti formule:

Correnti d'aria

$$DR = (34 - t_{a,l})(\bar{v}_{a,l} - 0,05)^{0,62} (0,37 \times \bar{v}_{a,l} \times Tu + 3,14) \quad (6)$$

Differenza verticale della temperatura dell'aria

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(5,76 - 0,856 \times \Delta t_{a,v})} \quad (7)$$

Pavimenti caldi freddi

$$PD = 100 - 94 \times \exp(-1,387 + 0,118 \times t_f - 0,0025 \times t_f^2) \quad (8)$$

Asimmetria radiante

a) Soffitto caldo

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(2,84 - 0,174 \times \Delta t_{pr})} - 5,5 \quad (9)$$

$$\Delta t_{pr} < 23 \text{ } ^\circ\text{C}$$

b) Parete fredda

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(6,61 - 0,345 \times \Delta t_{pr})} \quad (10)$$

$$\Delta t_{pr} < 15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

c) Soffitto freddo

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(9,93 - 0,50 \times \Delta t_{pr})} \quad (11)$$

$$\Delta t_{pr} < 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

d) Parete calda

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(3,72 - 0,052 \times \Delta t_{pr})} - 3,5 \quad (12)$$

$$\Delta t_{pr} < 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Categorie ambiente secondo UNI EN ISO 7730 e UNI EN 15251

Nella tabella successiva sono riepilogate le categorie ambiente secondo le norme UNI EN ISO 7730 (Classi A, B, C) e UNI EN 15251 (Classi I, II, III, IV che considerano soli i valori di PPD e PMV).

Categoria UNI EN ISO 7730 (UNI EN 15251)	Stato termico complessivo		Discomfort termico locale			
	PPD (%)	PMV	Corrente d'aria DR (%)	Differenz a temp. verticale PD (%)	Paviment i caldi o freddi PD (%)	Asimmetri a radiante PD (%)
Classe A (I)	<6	-0.2 < PMV < +0.2	<10	<3	<10	<5
Classe B (II)	<10	-0.5 < PMV < +0.5	<20	<5	<10	<5
Classe C (III)	<15	-0.7 < PMV < +0.7	<30	<10	<15	<10
- (IV)	≥15	PMV ≥ +0.7 PMV ≤ -0.7	-	-	-	-

I CAM considerano come valide le condizioni conformi alla Classe B della UNI EN ISO 7730, in termini di PMV e PPD.

VALUTAZIONE COMFORT DEGLI AMBIENTI TERMICI

Descrizione intervento

Il fabbricato oggetto del progetto è denominato "POLISPORTIVO DI SANDRIGO", situato in VIA ANDRETTO Sandrigo (Vicenza).

La seguente tabella mostra i dati relativi al fabbricato che inquadrano l'intervento rispetto ai CAM:

Dati generali dell'intervento	
Edificio pubblico	Sì
Tipologia edificio	Edifici ricettivi
Tipologia intervento	Nuova costruzione
Descrizione	Edificio Polisportivo

Ambiente termico: "PALESTRA"

L'ambiente termico PALESTRA è posizionato al piano TERRA.

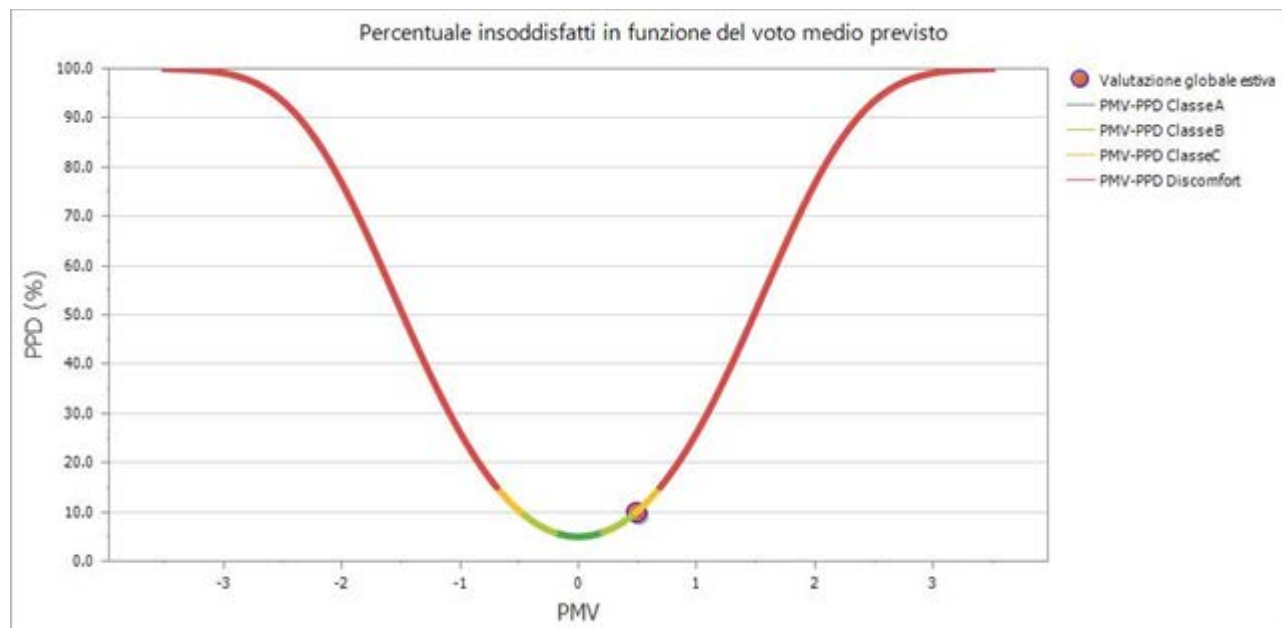
Di seguito sono riportate le valutazioni globali e le valutazioni di discomfort locale per l'ambiente termico.

Valutazione globale "Valutazione globale estiva"

La seguente tabella riporta i dati del comfort termico per il corpo umano nel suo complesso:

Valutazione complessiva del comfort termico: "Valutazione globale estiva"	
Stagione	Estiva
Temperatura aria t_a (°C)	24.0
Temperatura media radiante t_r (°C)	25.4
Umidità relativa (%)	41.0
Velocità relativa aria v_r (m/s)	0.15
Abbigliamento	Abbigliamento giornaliero - Slip, maglietta, pantaloncini, calzini leggeri, sandali
Isolamento termico abbigliamento I_{cl} (clo)	0.30
Metabolismo	Standard UNI EN ISO 7730 - Camminare in piano alla velocità di 2 km/h
Metabolismo energetico M (met)	1.90
Potenza meccanica W (met)	0.00
Risultati	
Temperatura operativa t_o (°C)	24.7
Temperatura superficiale t_{cl} (°C)	30.2
Voto medio previsto PMV	0.49
Percentuale prevista insoddisfatti (%)	9.9
Categoria ambiente in termini di PMV e PPD	Classe B
Categoria UNI EN 15251	Categoria II
Sensazione termica	Né caldo né freddo

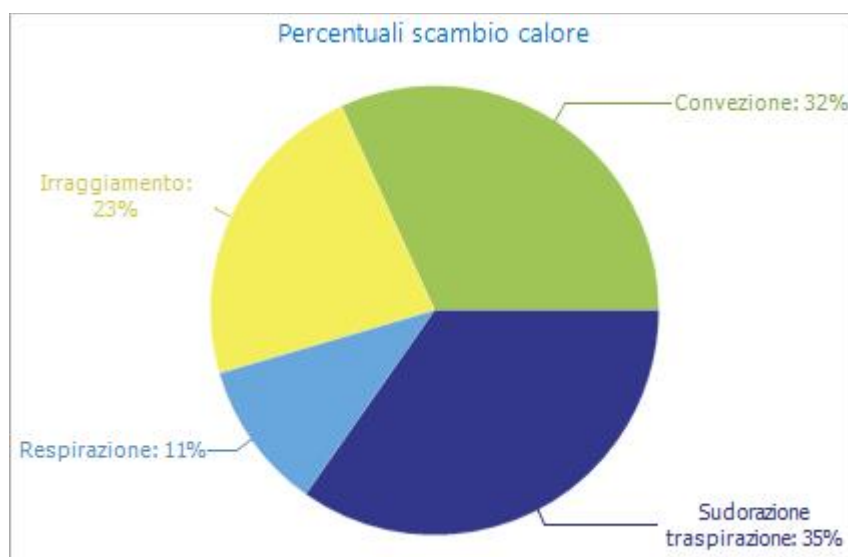
Il grafico seguente mostra la percentuale prevista di insoddisfatti (PPD) in funzione del voto medio previsto (PMV). La curva rappresenta la funzione (5) ed è colorata in base alla classificazione composta di PMV e PPD.



La tabella seguente dettaglia lo scambio di calore che avviene tra corpo umano e ambiente alle condizioni indicate nel paragrafo precedente.

Scambio di calore tra corpo umano e ambiente: "Valutazione globale estiva"	
Convezione (W/m ²)	30.63
Irraggiamento (W/m ²)	21.78
Respirazione (W/m ²)	10.27
Sudorazione e traspirazione (W/m ²)	33.38
Scambio calore totale (W/m ²)	96.06
Cessione calore (W/m ²)	14.40 (Il totale del calore scambiato è inferiore al metabolismo energetico decurtato della potenza meccanica)

Lo scambio di calore tra corpo umano e ambiente, in percentuale, è mostrato nel grafico seguente:



Le tabelle seguenti mostrano le percentuali di insoddisfatti per i vari discomfort locali.

Correnti d'aria	
Temperatura aria $t_{a,l}$ (°C)	20.0
Velocità media aria $v_{a,l}$ (m/s)	0.15
Intensità turbolenza Tu (%)	40
Risultati	
Rischio da correnti d'aria DR (%)	18.0
Categoria in termini di PMV, PPD e DR	Classe B

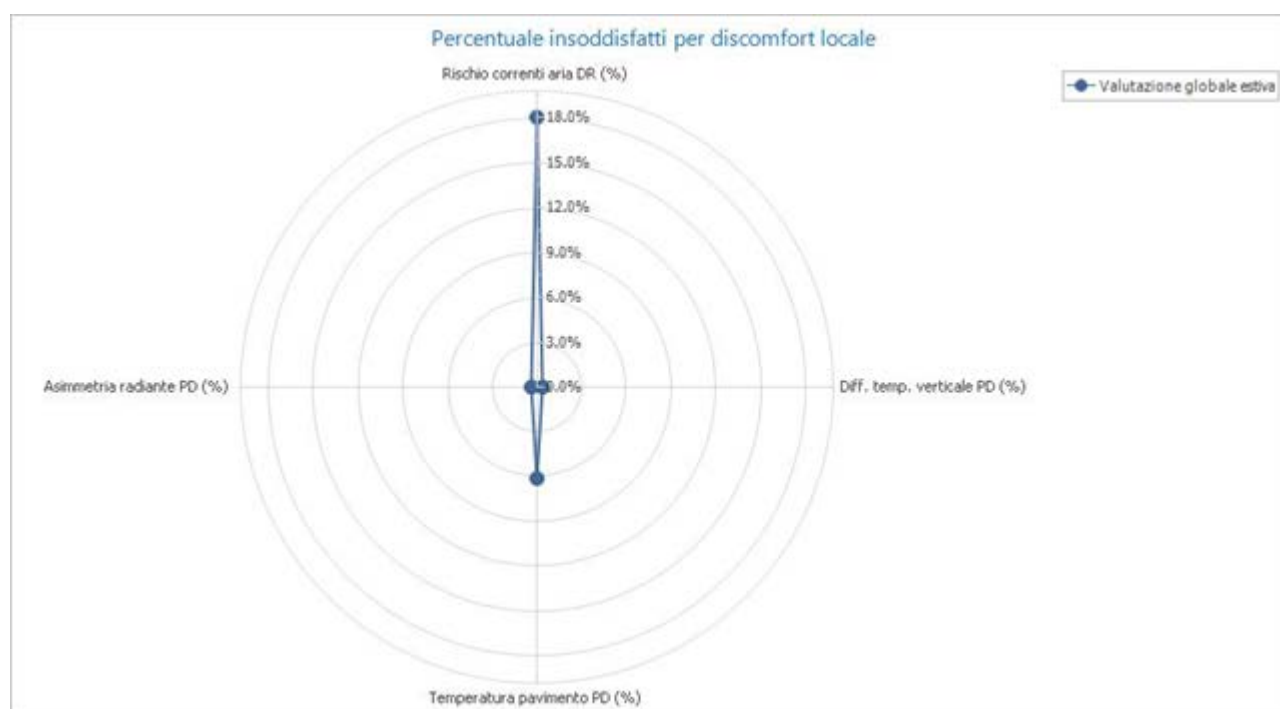
Differenza verticale della temperatura dell'aria	
Differenza temperatura testa-piedi $\Delta T_{a,v}$ (°C)	0.2
Risultati	
Percentuale insoddisfatti PD (%)	0.4
Categoria in termini di PMV, PPD e PD	Classe B

Pavimento caldo freddo	
Temperatura pavimento T_f (°C)	22.0
Risultati	
Percentuale insoddisfatti PD (%)	6.1
Categoria in termini di PMV, PPD e PD	Classe B

Asimmetria radiante soffitto	
Temperatura superficiale t_{cl} (°C)	30.2
Temperatura soffitto (°C)	25.0
Temperatura pavimento (°C)	22.0
Asimmetria temperatura radiante ΔT_{pr} (°C)	3.0
Tipo calcolo	Soffitto freddo
Risultati	
Percentuale insoddisfatti PD (%)	0.0
Categoria in termini di PMV, PPD e PD	Classe B

Asimmetria radiante pareti	
Temperatura superficiale t_{cl} (°C)	30.2
Pareti frontale e posteriore	
Temperatura parete frontale (°C)	29.0
Temperatura parete posteriore (°C)	26.0
Asimmetria temperatura radiante ΔT_{pr} (°C)	3.0
Tipo calcolo	Parete fredda
Percentuale insoddisfatti PD (%)	0.4
Pareti destra e sinistra	
Temperatura parete destra (°C)	25.0
Temperatura parete sinistra (°C)	25.0
Asimmetria temperatura radiante ΔT_{pr} (°C)	0.0
Tipo calcolo	-
Percentuale insoddisfatti PD (%)	0.0
Risultati	
Percentuale insoddisfatti PD (%)	0.0
Categoria in termini di PMV, PPD e PD	Classe B

Il grafico seguente mostra le percentuali di insoddisfatti per i disagi locali:

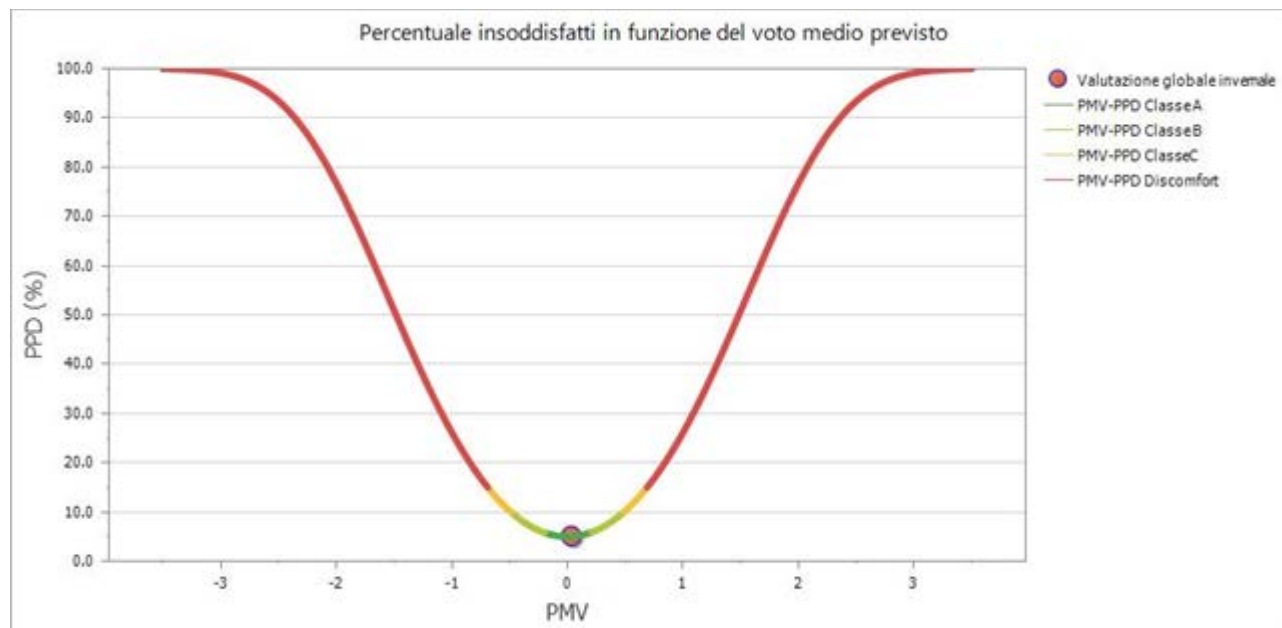


Valutazione globale "Valutazione globale invernale"

La seguente tabella riporta i dati del comfort termico per il corpo umano nel suo complesso:

Valutazione complessiva del comfort termico: "Valutazione globale invernale"	
Stagione	Invernale
Temperatura aria t_a (°C)	18.0
Temperatura media radiante t_r (°C)	19.1
Umidità relativa (%)	50.0
Velocità relativa aria v_r (m/s)	0.10
Abbigliamento	Abbigliamento da lavoro - Mutande, tuta, calzini, scarpe
Isolamento termico abbigliamento I_{cl} (clo)	0.70
Metabolismo	Standard UNI EN ISO 7730 - Camminare in piano alla velocità di 2 km/h
Metabolismo energetico M (met)	1.90
Potenza meccanica W (met)	0.00
Risultati	
Temperatura operativa t_o (°C)	18.6
Temperatura superficiale t_{cl} (°C)	25.7
Voto medio previsto PMV	0.03
Percentuale prevista insoddisfatti (%)	5.0
Categoria ambiente in termini di PMV e PPD	Classe A
Categoria UNI EN 15251	Categoria I
Sensazione termica	Né caldo né freddo

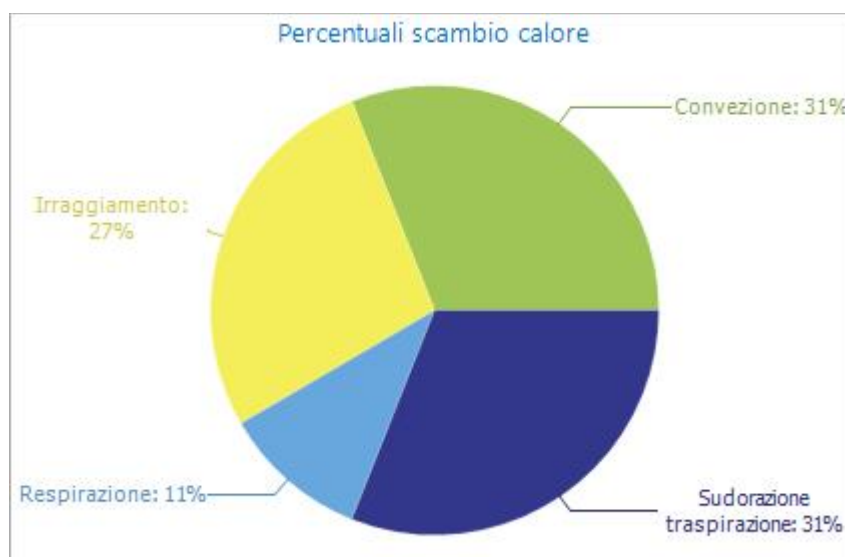
Il grafico seguente mostra la percentuale prevista di insoddisfatti (PPD) in funzione del voto medio previsto (PMV). La curva rappresenta la funzione (5) ed è colorata in base alla classificazione composta di PMV e PPD.



La tabella seguente dettaglia lo scambio di calore che avviene tra corpo umano e ambiente alle condizioni indicate nel paragrafo precedente.

Scambio di calore tra corpo umano e ambiente: "Valutazione globale invernale"	
Convezione (W/m ²)	33.98
Irraggiamento (W/m ²)	30.00
Respirazione (W/m ²)	11.56
Sudorazione e traspirazione (W/m ²)	33.97
Scambio calore totale (W/m ²)	109.50
Cessione calore (W/m ²)	1.00 (Il totale del calore scambiato è inferiore al metabolismo energetico decurtato della potenza meccanica)

Lo scambio di calore tra corpo umano e ambiente, in percentuale, è mostrato nel grafico seguente:



Le tabelle seguenti mostrano le percentuali di insoddisfatti per i vari discomfort locali.

Correnti d'aria	
Temperatura aria $t_{a,l}$ (°C)	25.0
Velocità media aria $v_{a,l}$ (m/s)	0.15
Intensità turbolenza Tu (%)	40
Risultati	
Rischio da correnti d'aria DR (%)	11.6
Categoria in termini di PMV, PPD e DR	Classe B

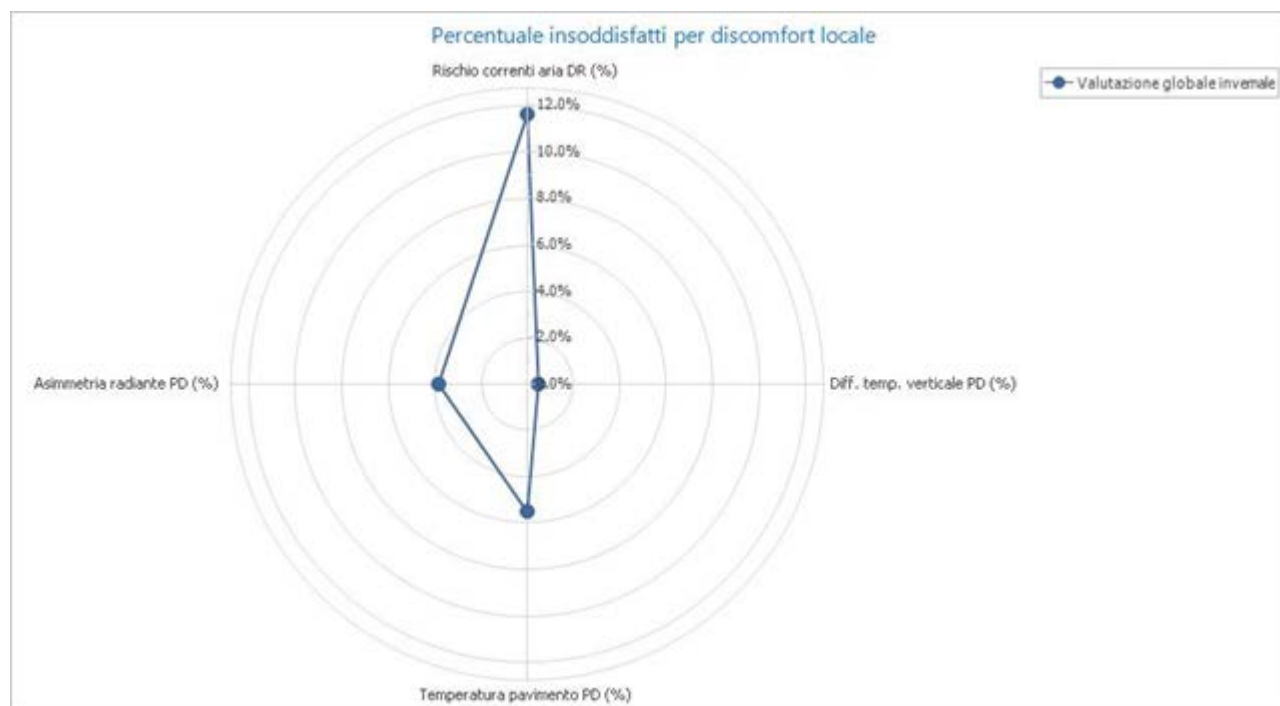
Differenza verticale della temperatura dell'aria	
Differenza temperatura testa-piedi $\Delta T_{a,v}$ (°C)	0.5
Risultati	
Percentuale insoddisfatti PD (%)	0.5
Categoria in termini di PMV, PPD e PD	Classe A

Pavimento caldo freddo	
Temperatura pavimento T_f (°C)	23.4
Risultati	
Percentuale insoddisfatti PD (%)	5.5
Categoria in termini di PMV, PPD e PD	Classe A

Asimmetria radiante soffitto	
Temperatura superficiale t_{cl} (°C)	25.7
Temperatura soffitto (°C)	10.0
Temperatura pavimento (°C)	23.4
Asimmetria temperatura radiante ΔT_{pr} (°C)	13.4
Tipo calcolo	Soffitto freddo
Risultati	
Percentuale insoddisfatti PD (%)	3.8
Categoria in termini di PMV, PPD e PD	Classe A

Asimmetria radiante pareti	
Temperatura superficiale t_{cl} (°C)	25.7
Pareti frontale e posteriore	
Temperatura parete frontale (°C)	16.0
Temperatura parete posteriore (°C)	12.0
Asimmetria temperatura radiante ΔT_{pr} (°C)	4.0
Tipo calcolo	Parete fredda
Percentuale insoddisfatti PD (%)	0.5
Pareti destra e sinistra	
Temperatura parete destra (°C)	12.0
Temperatura parete sinistra (°C)	10.0
Asimmetria temperatura radiante ΔT_{pr} (°C)	2.0
Tipo calcolo	Parete fredda
Percentuale insoddisfatti PD (%)	0.3
Risultati	
Percentuale insoddisfatti PD (%)	0.0
Categoria in termini di PMV, PPD e PD	Classe A

Il grafico seguente mostra le percentuali di insoddisfatti per i disagi locali:



Categoria ambiente termico: "PALESTRA"

Tenendo conto della valutazione complessiva del comfort in termini di PMV e PPD (**Classe B**) e della percentuale di insoddisfatti a causa dei disagi locali, in base alla tabella delle categorie della UNI EN ISO 7730 (riportata nel capitolo "Procedure di calcolo") la categoria risultante per l'ambiente è **Classe B**.

Ambiente termico: "SPOGLIATOI/SERVIZI/INFERMERIA"

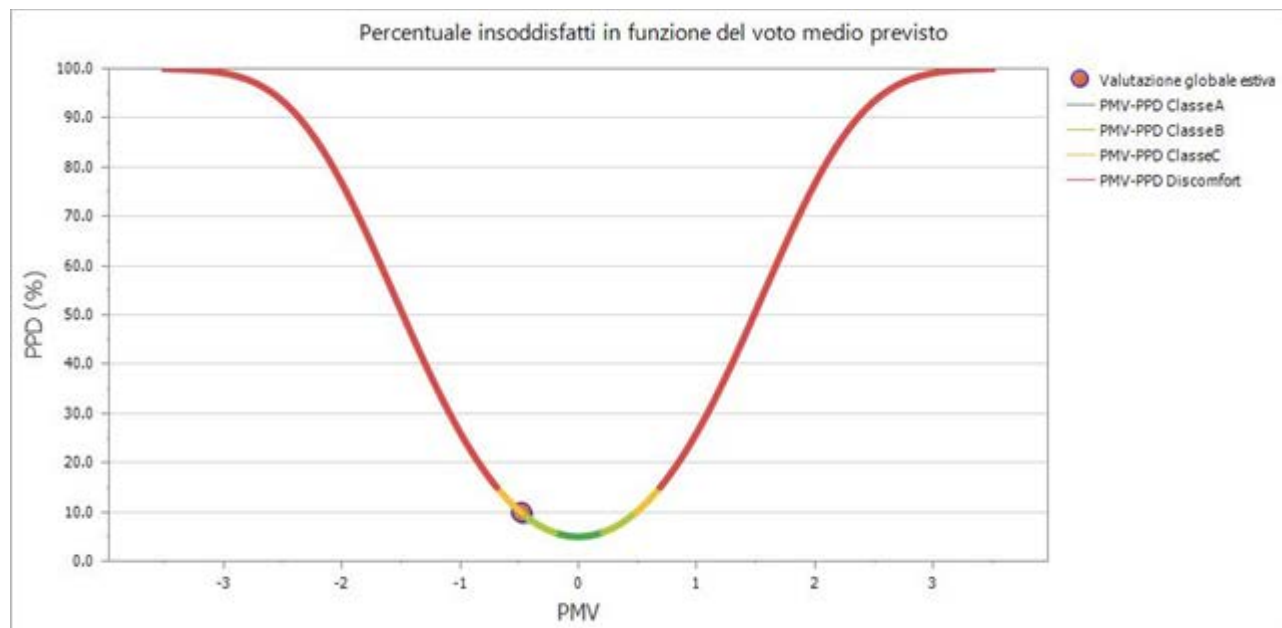
L'ambiente termico SPOGLIATOI/SERVIZI/INFERMERIA è posizionato al piano TERRA.
Di seguito sono riportate le valutazioni globali e le valutazioni di discomfort locale per l'ambiente termico.

Valutazione globale "Valutazione globale estiva"

La seguente tabella riporta i dati del comfort termico per il corpo umano nel suo complesso:

Valutazione complessiva del comfort termico: "Valutazione globale estiva"	
Stagione	Estiva
Temperatura aria t_a (°C)	26.0
Temperatura media radiante t_r (°C)	24.0
Umidità relativa (%)	50.0
Velocità relativa aria v_r (m/s)	0.15
Abbigliamento	Abbigliamento giornaliero - Slip, maglietta, pantaloncini, calzini leggeri, sandali
Isolamento termico abbigliamento I_{cl} (clo)	0.30
Metabolismo	Standard UNI EN ISO 7730 - Attività sedentarie (ufficio, abitazione, scuola, laboratorio)
Metabolismo energetico M (met)	1.20
Potenza meccanica W (met)	0.00
Risultati	
Temperatura operativa t_o (°C)	25.0
Temperatura superficiale t_{cl} (°C)	31.1
Voto medio previsto PMV	-0.48
Percentuale prevista insoddisfatti (%)	9.8
Categoria ambiente in termini di PMV e PPD	Classe B
Categoria UNI EN 15251	Categoria II
Sensazione termica	Né caldo né freddo

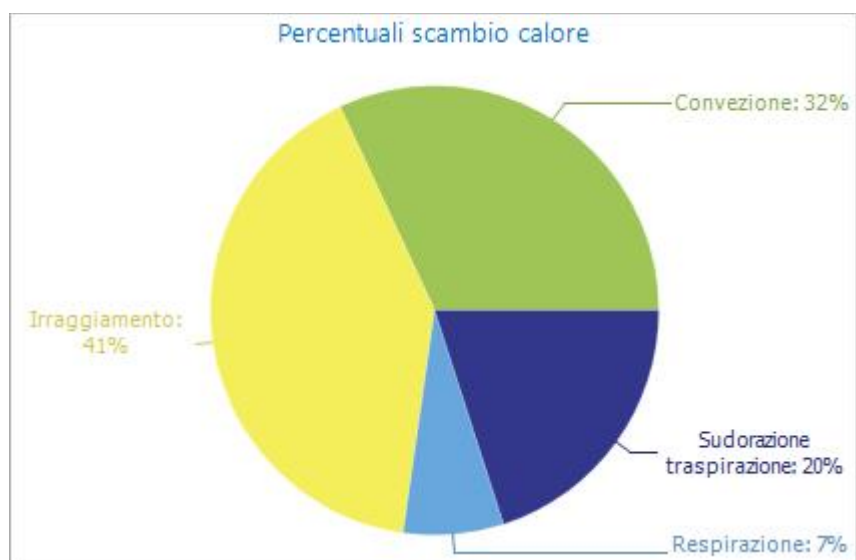
Il grafico seguente mostra la percentuale prevista di insoddisfatti (PPD) in funzione del voto medio previsto (PMV). La curva rappresenta la funzione (5) ed è colorata in base alla classificazione composta di PMV e PPD.



La tabella seguente dettaglia lo scambio di calore che avviene tra corpo umano e ambiente alle condizioni indicate nel paragrafo precedente.

Scambio di calore tra corpo umano e ambiente: "Valutazione globale estiva"	
Convezione (W/m ²)	25.20
Irraggiamento (W/m ²)	32.24
Respirazione (W/m ²)	5.75
Sudorazione e traspirazione (W/m ²)	15.76
Scambio calore totale (W/m ²)	78.94
Cessione calore (W/m ²)	9.10 (Il totale del calore scambiato supera il metabolismo energetico decurtato della potenza meccanica)

Lo scambio di calore tra corpo umano e ambiente, in percentuale, è mostrato nel grafico seguente:



Le tabelle seguenti mostrano le percentuali di insoddisfatti per i vari discomfort locali.

Correnti d'aria	
Temperatura aria $t_{a,l}$ (°C)	26.0
Velocità media aria $v_{a,l}$ (m/s)	0.15
Intensità turbolenza Tu (%)	40
Risultati	
Rischio da correnti d'aria DR (%)	10.3
Categoria in termini di PMV, PPD e DR	Classe B

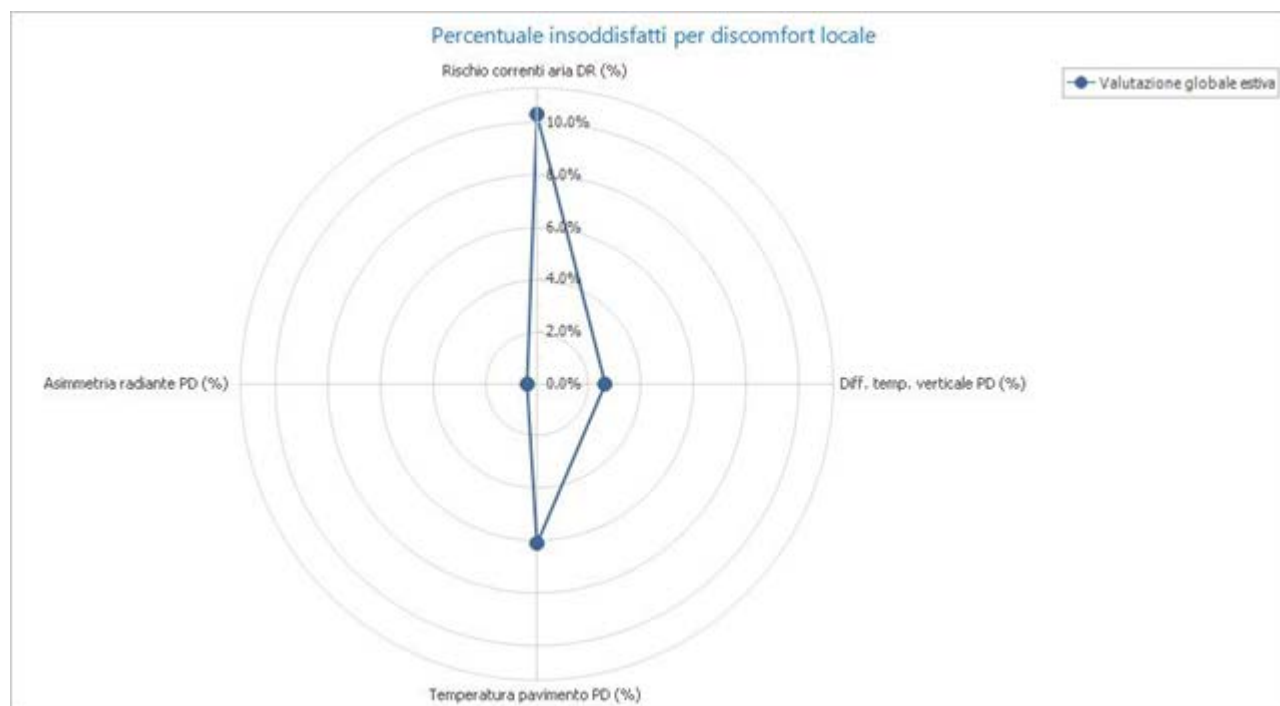
Differenza verticale della temperatura dell'aria	
Differenza temperatura testa-piedi $\Delta T_{a,v}$ (°C)	2.5
Risultati	
Percentuale insoddisfatti PD (%)	2.6
Categoria in termini di PMV, PPD e PD	Classe B

Pavimento caldo freddo	
Temperatura pavimento T_f (°C)	22.0
Risultati	
Percentuale insoddisfatti PD (%)	6.1
Categoria in termini di PMV, PPD e PD	Classe B

Asimmetria radiante soffitto	
Temperatura superficiale t_{cl} (°C)	31.1
Temperatura soffitto (°C)	29.0
Temperatura pavimento (°C)	22.0
Asimmetria temperatura radiante ΔT_{pr} (°C)	7.0
Tipo calcolo	Soffitto freddo
Risultati	
Percentuale insoddisfatti PD (%)	0.2
Categoria in termini di PMV, PPD e PD	Classe B

Asimmetria radiante pareti	
Temperatura superficiale t_{cl} (°C)	31.1
Pareti frontale e posteriore	
Temperatura parete frontale (°C)	29.0
Temperatura parete posteriore (°C)	26.0
Asimmetria temperatura radiante ΔT_{pr} (°C)	3.0
Tipo calcolo	Parete fredda
Percentuale insoddisfatti PD (%)	0.4
Pareti destra e sinistra	
Temperatura parete destra (°C)	26.0
Temperatura parete sinistra (°C)	26.0
Asimmetria temperatura radiante ΔT_{pr} (°C)	0.0
Tipo calcolo	-
Percentuale insoddisfatti PD (%)	0.0
Risultati	
Percentuale insoddisfatti PD (%)	0.0
Categoria in termini di PMV, PPD e PD	Classe B

Il grafico seguente mostra le percentuali di insoddisfatti per i disagi locali:

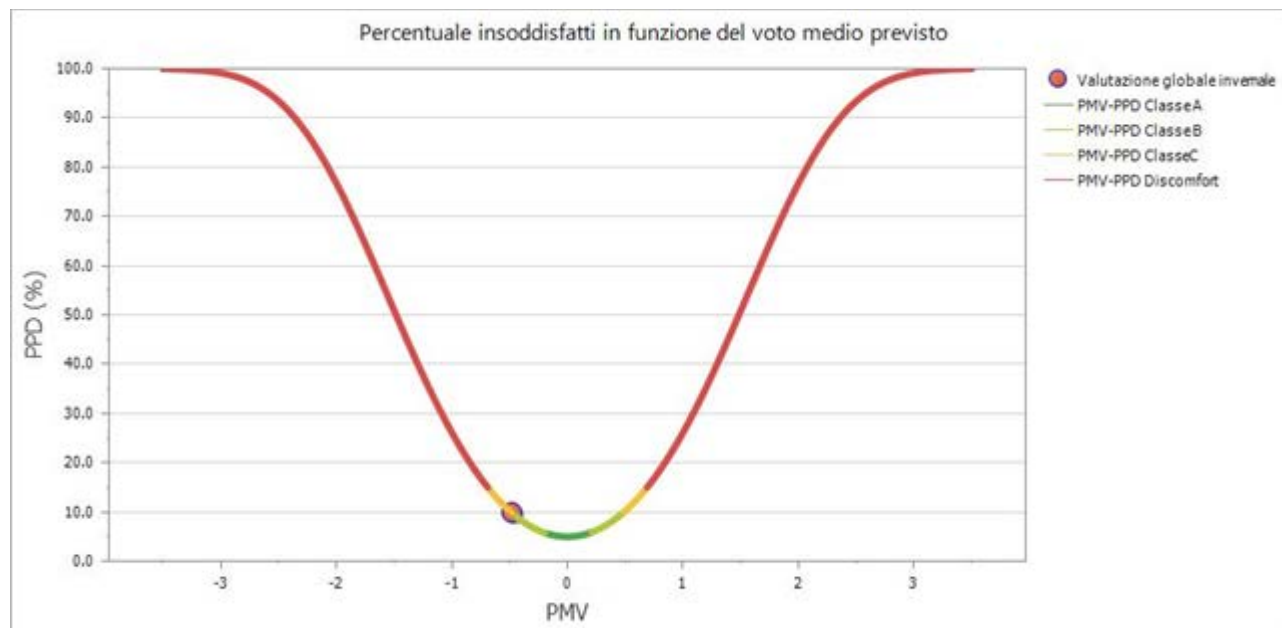


Valutazione globale "Valutazione globale invernale"

La seguente tabella riporta i dati del comfort termico per il corpo umano nel suo complesso:

Valutazione complessiva del comfort termico: "Valutazione globale invernale"	
Stagione	Invernale
Temperatura aria t_a (°C)	20.0
Temperatura media radiante t_r (°C)	23.6
Umidità relativa (%)	80.0
Velocità relativa aria v_r (m/s)	0.15
Abbigliamento	Abbigliamento da lavoro - Mutande, tuta, calzini, scarpe
Isolamento termico abbigliamento I_{cl} (clo)	0.70
Metabolismo	Standard UNI EN ISO 7730 - Attività sedentarie (ufficio, abitazione, scuola, laboratorio)
Metabolismo energetico M (met)	1.20
Potenza meccanica W (met)	0.00
Risultati	
Temperatura operativa t_o (°C)	21.7
Temperatura superficiale t_{cl} (°C)	27.5
Voto medio previsto PMV	-0.48
Percentuale prevista insoddisfatti (%)	9.8
Categoria ambiente in termini di PMV e PPD	Classe B
Categoria UNI EN 15251	Categoria II
Sensazione termica	Né caldo né freddo

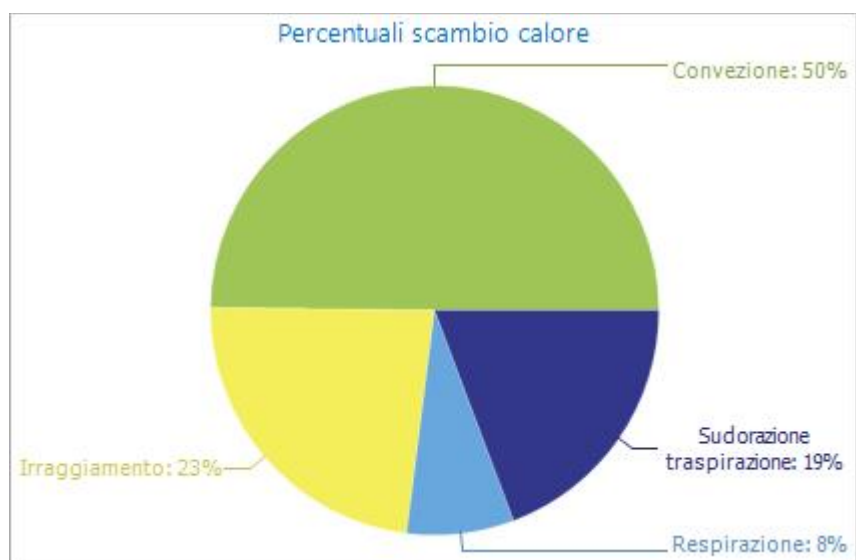
Il grafico seguente mostra la percentuale prevista di insoddisfatti (PPD) in funzione del voto medio previsto (PMV). La curva rappresenta la funzione (5) ed è colorata in base alla classificazione composta di PMV e PPD.



La tabella seguente dettaglia lo scambio di calore che avviene tra corpo umano e ambiente alle condizioni indicate nel paragrafo precedente.

Scambio di calore tra corpo umano e ambiente: "Valutazione globale invernale"	
Convezione (W/m ²)	39.29
Irraggiamento (W/m ²)	18.34
Respirazione (W/m ²)	6.11
Sudorazione e traspirazione (W/m ²)	15.18
Scambio calore totale (W/m ²)	78.92
Cessione calore (W/m ²)	9.10 (Il totale del calore scambiato supera il metabolismo energetico decurtato della potenza meccanica)

Lo scambio di calore tra corpo umano e ambiente, in percentuale, è mostrato nel grafico seguente:



Le tabelle seguenti mostrano le percentuali di insoddisfatti per i vari discomfort locali.

Correnti d'aria	
Temperatura aria $t_{a,l}$ (°C)	26.0
Velocità media aria $v_{a,l}$ (m/s)	0.15
Intensità turbolenza Tu (%)	40
Risultati	
Rischio da correnti d'aria DR (%)	10.3
Categoria in termini di PMV, PPD e DR	Classe B

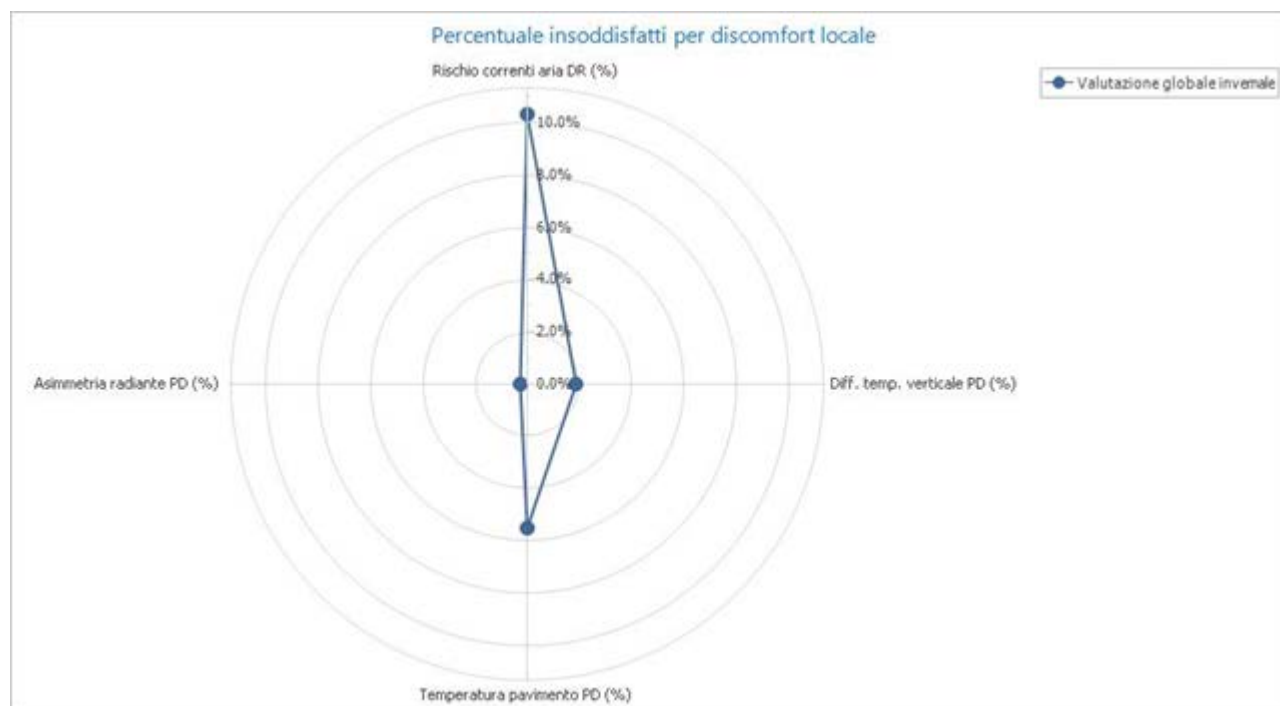
Differenza verticale della temperatura dell'aria	
Differenza temperatura testa-piedi $\Delta T_{a,v}$ (°C)	2.1
Risultati	
Percentuale insoddisfatti PD (%)	1.9
Categoria in termini di PMV, PPD e PD	Classe B

Pavimento caldo freddo	
Temperatura pavimento T_f (°C)	23.6
Risultati	
Percentuale insoddisfatti PD (%)	5.5
Categoria in termini di PMV, PPD e PD	Classe B

Asimmetria radiante soffitto	
Temperatura superficiale t_{cl} (°C)	27.5
Temperatura soffitto (°C)	16.0
Temperatura pavimento (°C)	23.6
Asimmetria temperatura radiante ΔT_{pr} (°C)	7.6
Tipo calcolo	Soffitto freddo
Risultati	
Percentuale insoddisfatti PD (%)	0.2
Categoria in termini di PMV, PPD e PD	Classe B

Asimmetria radiante pareti	
Temperatura superficiale t_{cl} (°C)	27.5
Pareti frontale e posteriore	
Temperatura parete frontale (°C)	16.0
Temperatura parete posteriore (°C)	18.0
Asimmetria temperatura radiante ΔT_{pr} (°C)	2.0
Tipo calcolo	Parete fredda
Percentuale insoddisfatti PD (%)	0.3
Pareti destra e sinistra	
Temperatura parete destra (°C)	18.0
Temperatura parete sinistra (°C)	18.0
Asimmetria temperatura radiante ΔT_{pr} (°C)	0.0
Tipo calcolo	-
Percentuale insoddisfatti PD (%)	0.0
Risultati	
Percentuale insoddisfatti PD (%)	0.0
Categoria in termini di PMV, PPD e PD	Classe B

Il grafico seguente mostra le percentuali di insoddisfatti per i disagi locali:



Categoria ambiente termico: "SPOGLIATOI/SERVIZI/INFERMERIA"

Tenendo conto della valutazione complessiva del comfort in termini di PMV e PPD (**Classe B**) e della percentuale di insoddisfatti a causa dei disagi locali, in base alla tabella delle categorie della UNI EN ISO 7730 (riportata nel capitolo "Procedure di calcolo") la categoria risultante per l'ambiente è **Classe B**.

CATEGORIA COMPLESSIVA FABBRICATO

Nella tabella seguente sono riepilogati i dati complessivi di classificazione degli ambienti:

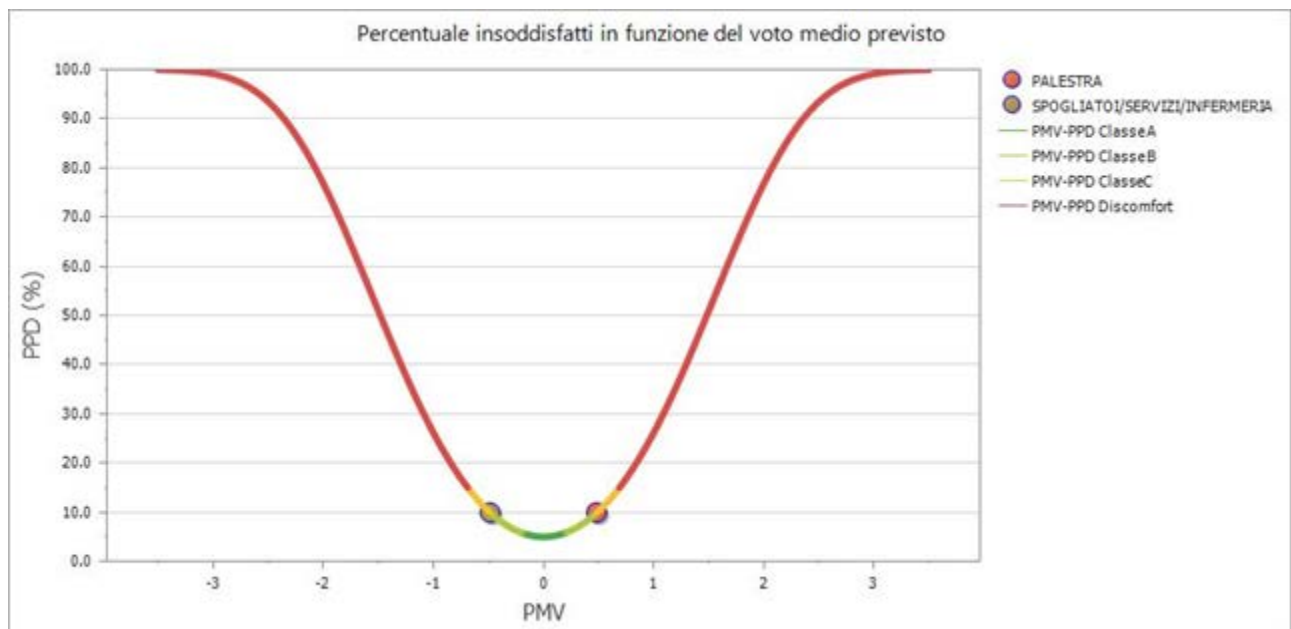
Valutazione ambienti

Ambiente termico	t_o (°C)	PMV	PPD (%)	Categoria PMV PPD	Categoria UNI 15251	Categoria
PALESTRA	24.7	24.7	9.9	Classe B	Categoria II	Classe B
SPOGLIATOI/SERVIZI/INF ERMERIA	25.0	25.0	9.8	Classe B	Categoria II	Classe B

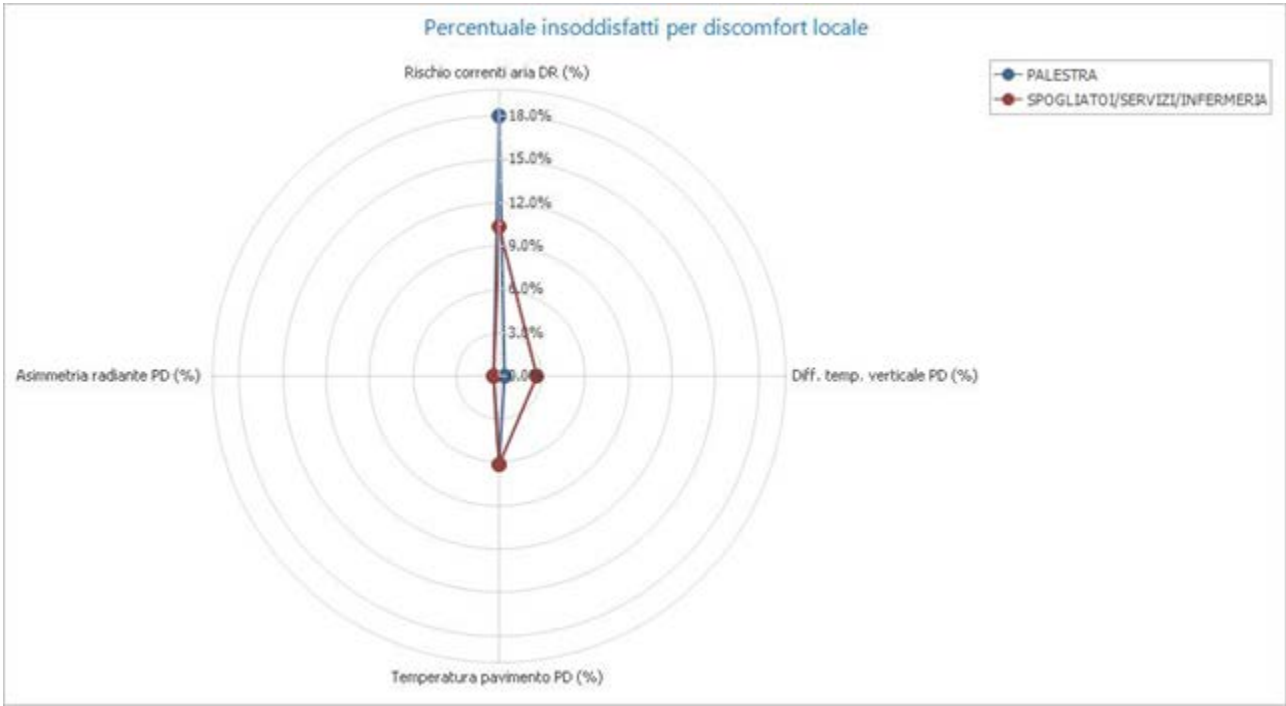
Legenda

Ambiente termico	Descrizione dell'ambiente termico
t_o (°C)	Temperatura operativa (°C)
PMV	Voto medio previsto
PPD (%)	Percentuale prevista di insoddisfatti (%)
Categoria PMV PPD	Categoria in termini di PMV e PPD
Categoria UNI 15251	Categoria UNI 15251 in termini di PMV e PPD
Categoria	Categoria complessiva dei discomfort locali

Il grafico seguente mostra per ogni ambiente termico la percentuale prevista di insoddisfatti (PPD) in funzione del voto medio previsto (PMV). La curva rappresenta la funzione (5) ed è colorata in base alla classificazione composta di PMV e PPD.



Il grafico seguente mostra per ogni ambiente termico la percentuale di insoddisfatti a causa dei disagi locali.



Nella tabella seguente sono riepilogati i dati delle valutazioni dei singoli ambienti:

Valutazione globale ambienti

Ambiente "PALESTRA"															
Dati ambiente termico								Risultati valutazione globale							
Ambiente termico	Stagione	t _a (°C)	t _r (°C)	U _r (%)	v _{ar} (m/s)	I _{cl} (clo)	M (met)	t _o (°C)	t _{cl} (°C)	PMV	PPD (%)	Cat PMV PPD	Cat UNI 15251	Cat	Sensaz. termica
Valutazione globale estiva	Estiva	24.0	25.4	41.0	0.15	0.30	1.90	24.7	30.2	0.49	9.9	Classe B	Categoria II	Classe B	Né caldo né freddo
Valutazione globale invernale	Invernale	18.0	19.1	50.0	0.10	0.70	1.90	18.6	25.7	0.03	5.0	Classe A	Categoria I	Classe B	Né caldo né freddo
Ambiente "SPOGLIATOI/SERVIZI/INFERMERIA"															
Dati ambiente termico								Risultati valutazione globale							
Ambiente termico	Stagione	t _a (°C)	t _r (°C)	U _r (%)	v _{ar} (m/s)	I _{cl} (clo)	M (met)	t _o (°C)	t _{cl} (°C)	PMV	PPD (%)	Cat PMV PPD	Cat UNI 15251	Cat	Sensaz. termica
Valutazione globale estiva	Estiva	26.0	24.0	50.0	0.15	0.30	1.20	25.0	31.1	-0.48	9.8	Classe B	Categoria II	Classe B	Né caldo né freddo
Valutazione globale invernale	Invernale	20.0	23.6	80.0	0.15	0.70	1.20	21.7	27.5	-0.48	9.8	Classe B	Categoria II	Classe B	Né caldo né freddo

Legenda

Dati ambiente termico Ambiente termico
Dati ambiente termico Stagione
Dati ambiente termico t_a (°C)
Dati ambiente termico t_r (°C)
Dati ambiente termico U_r (%)
Dati ambiente termico v_{ar} (m/s)
Dati ambiente termico I_{cl} (clo)
Dati ambiente termico M (met)
Risultati valutazione globale t_o (°C)
Risultati valutazione globale t_{cl} (°C)
Risultati valutazione globale PMV
Risultati valutazione globale PPD (%)
Risultati valutazione globale Cat PMV PPD
Risultati valutazione globale Cat UNI 15251
Risultati valutazione globale Cat
Risultati valutazione globale Sensaz. termica

Descrizione dell'ambiente termico
 Stagione della valutazione globale dell'ambiente
 Temperatura dell'aria (°C)
 Temperatura media radiante (°C)
 Umidità relativa (%)
 Velocità relativa dell'aria (m/s)
 Isolamento termico dell'abbigliamento (clo)
 Metabolismo energetico (met)
 Temperatura operativa (°C)
 Temperatura superficiale dell'abbigliamento (°C)
 Voto medio previsto
 Percentuale prevista di insoddisfatti (%)
 Categoria in termini di PMV e PPD
 Categoria UNI 15251 in termini di PMV e PPD
 Categoria comprensiva dei discomfort locali
 Sensazione termica media prevista

La classificazione complessiva del fabbricato è calcolata come la peggiore in termini di valutazioni globali e discomfort locali degli ambienti termici considerati.

La tabella seguente mostra la categoria complessiva per il fabbricato:

Categoria: "Fabbricato"	
Categoria in termini di PMV e PPD	Classe B
Categoria complessiva	Classe B

La categoria in termini di PMV e PPD rispetta quanto previsto dai criteri ambientali minimi (CAM) per progettazione e lavori per nuove costruzioni, ristrutturazioni e manutenzioni di edifici pubblici che prevedono di garantire condizioni conformi alla classe B secondo la norma ISO 7730:2005 in termini di PMV e di PPD.